



**TUGAS AKHIR – TI 141501**

**STUDI SIMULASI PADA PENENTUAN KOMBINASI  
JUMLAH DAN KAPASITAS TANKER UNTUK DISTRIBUSI  
BAHAN BAKAR MINYAK**

ANDI FARAH DESITA  
NRP 02411340000113

Dosen Pembimbing  
Stefanus Eko Wiratno, S.T., M.T.  
NIP. 197103171998021001

Dosen Ko-Pembimbing  
Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., Ph.D.  
NIP. 197005231996011001

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018





**FINAL PROJECT – TI 141501**

**DETERMINING THE COMBINATION OF NUMBER AND  
CAPACITY OF TANKER IN FUEL DISTRIBUTION:  
A SIMULATION STUDY**

ANDI FARAH DESITA  
NRP 02411340000113

Supervisor  
Stefanus Eko Wiratno, S.T., M.T.  
NIP. 197103171998021001

Co-Supervisor  
Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., Ph.D.  
NIP. 197005231996011001

INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018



# LEMBAR PENGESAHAN

## STUDI SIMULASI PADA PENENTUAN KOMBINASI JUMLAH DAN KAPASITAS TANKER UNTUK DISTRIBUSI BAHAN BAKAR MINYAK

### TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Syarat Perolehan Gelar Sarjana Teknik pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Industri  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

**ANDI FARAH DESITA**

NRP 02411340000113

Mengetahui dan menyetujui,

Dosen Pembimbing



**Stefanus Eko Wiratno, S.T.,M.T.**

NIP. 197103171998021001

Dosen Ko-Pembimbing

**Nurhadi Siswanto, S.T.,M.S.I.E.,Ph.D**

NIP. 197005231996011001

**SURABAYA, JANUARI 2018**





## **STUDI SIMULASI PADA PENENTUAN KOMBINASI JUMLAH DAN KAPASITAS TANKER UNTUK DISTRIBUSI BAHAN BAKAR MINYAK**

Nama : Andi Farah Desita  
NRP : 02411340000113  
Pembimbing : Stefanus Eko Wiratno, S.T., M.T.  
: Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D

### **ABSTRAK**

Penentuan kombinasi jumlah dan kapasitas tanker pada transportasi laut untuk pendistribusian bahan bakar minyak (BBM) merupakan permasalahan yang kompleks dikarenakan adanya variabilitas dan interdependensi. Terdapat beberapa faktor yang harus dipertimbangkan seperti jumlah dan lokasi terminal transit dan depo tujuan, jumlah dan kapasitas kompartemen tanker, kapasitas tangki timbun, dan *daily of take*. Sistem distribusi BBM wilayah Indonesia Timur dimodelkan dengan simulasi diskrit dengan indikator ukuran performansi *service level*, biaya sewa tanker, dan biaya operasional tanker. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa model simulasi yang dirancang dapat digunakan untuk mendapatkan kombinasi jumlah dan kapasitas tanker. Model simulasi juga dapat digunakan untuk menganalisis perubahan *daily of take*, kapasitas tangki timbun, perubahan kluster, dan perubahan aturan pengiriman terhadap ukuran performansi.

*Kata Kunci* : Bahan Bakar Minyak, Distribusi, Transportasi Laut, *Discrete-Event Simulation*.

Halaman ini sengaja dikosongkan.



# **MODEL DEVELOPMENT FOR DETERMINING THE NUMBER AND CAPACITY OF TANKER IN FUEL DISTRIBUTION CASE USING DISCRETE-EVENT SIMULATION APPROACH**

Name : Andi Farah Desita  
NRP : 02411340000113  
Supervisors : Stefanus Eko Wiratno, S.T., M.T.  
: Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D

## **ABSTRACT**

The determination of the combination of number and capacity of tanker in marine transportation for fuel distribution is a complex problem, because there are variability and interdependency. There are several factors to be considered in the determination, those are number of location of transit terminal along with its destination depot, the number and capacity of tanker compartment, capacity of storage tank, and daily of take. Discrete-event simulation model is used to represent the distribution system of fuel for Eastern Indonesia Region to obtain the combination of number and capacity of tanker. In this research service level, charter cost, and operational cost is measured to reflect system's performance indicator. This result shows that the constructed model could determine the combination of number and capacity of tanker. The constructed model also could be used to analyze the changes of daily of take, destination's storage tank capacity, *cluster*, and changes of delivery rule towards performance measure.

Keywords : Fuel, Distribution, Marine Transportation, Discrete-Event Simulation.

This page is intentionally left blank.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Allah SWT karena berkat dan penyertaannya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Studi Simulasi pada Penentuan Kombinasi Jumlah dan Kapasitas Tanker untuk Distribusi Bahan Bakar Minyak”. Laporan Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat kelulusan sarjana program studi S-1 Departemen Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Penyelesaian laporan ini tidak terlepas dari bantuan pihak lain, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Stefanus Eko Wiratno, S.T., M.T. dan Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan dan membimbing dalam proses pengerjaan tugas akhir.
2. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Industri ITS beserta jajaran dosen pengajar dan tenaga kependidikan yang membantu penulis dalam menyelesaikan studi dan penelitian tugas akhir.
3. Ibu Lusi Ariesanti dan seluruh staf administrasi Departemen Teknik Industri TI ITS yang telah membantu proses administrasi pelaksanaan Tugas Akhir.
4. Bapak Prof. Ir. Budi Santosa, M.S., Ph.D dan Bapak Dody Hartanto, S.T.,M.T. selaku dosen penguji proposal yang telah memberikan saran dan masukan dalam perbaikan penelitian ini.
5. Bapak Erwin Widodo, S.T., M.Eng., Dr.Eng. dan Bapak Dody Hartanto, S.T., M.T., selaku dosen penguji siding yang telah memberikan saran dan masukan dalam perbaikan peneitian ini.
6. Bapak Dr. Ir. Andi Jamaluddin, M.Sc dan Ibu Andi Srikandi selaku orang tua yang senantiasa mendukung dan mendoakan kelancaran penyusunan tugas akhir ini.

Pengerjaan laporan Tugas Akhir ini tidak luput dari kesalahan. Oleh karena saran dan kritik dibutuhkan agar dapat menjadi lebih baik. Jika terdapat kesalahan selama pengerjaan laporan ini penulis meminta maaf. Penulis berhadarp adanya pengerjaan laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca.

Surabaya, 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	ix
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Transportasi Laut .....	7
2.2.1 Karakteristik Transportasi Laut .....	8
2.2.2 Karakteristik Kapal .....	11
2.2 Skema Penyewaan Kapal .....	14
2.3 <i>Ship Inventory Routing and Scheduling</i> .....	15
2.4 Pemodelan Sistem dan Simulasi .....	16
2.4.1 Sistem .....	17
2.4.2 Elemen Sistem .....	17
2.4.3 Simulasi .....	18
2.4.3.1 Validasi .....	20
2.4.3.2 Verifikasi .....	20
2.5 <i>Inventory Control and Management</i> .....	20
2.5.1 <i>Service Level</i> .....	22
2.5.2 Model Inventory dengan Ketidakpastian Permintaan .....	23

2.6	<i>Literature Review</i> .....	25
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....		29
3.1	Tahap Persiapan .....	31
3.1.1	Ringkasan Situasi Permasalahan .....	31
3.1.2	Elemen Sistem.....	34
3.1.3	Variabel Sistem .....	35
3.2	Tahap Pemodelan.....	35
3.2.1	Pengumpulan Data .....	35
3.2.2	Pembuatan Model Konseptual .....	37
3.2.3	Validasi dan Verifikasi.....	38
3.3	Tahap Analisis .....	39
3.3.1	Eksperimen.....	39
3.3.2	Analisis Komparasi Skenario .....	39
3.3.3	Penarikan Kesimpulan .....	39
BAB 4 PENGEMBANGAN MODEL .....		41
4.1	Pengumpulan Data .....	41
4.1.1	Pelabuhan atau Depo .....	41
4.1.2	Elemen Biaya Distribusi .....	42
4.2	Model Konseptual.....	44
4.3	Perancangan Model Simulasi.....	48
4.3.1	Submodel Jam Operasional.....	49
4.3.2	Submodel Daily of Take dan Perhitungan Stock Out Days .....	50
4.3.3	Submodel Evaluasi Tangki Timbun Terminal Transit.....	52
4.3.4	Submodel Evaluasi Tangki Timbun dengan ROP .....	53
4.3.5	Submodel Terminal Bahan Bakar Minyak.....	55
4.3.6	Submodel Demand Port .....	62
4.4	Perhitungan Jumlah Replikasi .....	64
4.5	Verifikasi dan Validasi Model.....	65
4.5.1	Verifikasi Model .....	65
4.5.1.1	Verifikasi Sinyal <i>Reorder Point</i> (ROP).....	67
4.5.1.2	Verifikasi Tujuan Kapal .....	67
4.5.1.3	Verifikasi <i>Awaiting Daylight</i> .....	68

4.5.2	Validasi .....	68
4.6	Analisis Model .....	69
4.6.1	Pengaruh Jumlah dan Kapasitas Tanker terhadap <i>Service Level</i> .....	70
4.6.2	Pengaruh Aturan Pengiriman dengan ROP terhadap <i>Service Level</i> .....	74
4.6.3	Pengaruh Peningkatan <i>Daily of Take</i> terhadap <i>Service Level</i> ..	77
4.6.4	Pengaruh Aturan Pengiriman dan Peningkatan <i>Daily of Take</i> terhadap <i>Service Level</i> .....	78
4.6.5	Pengaruh Penambahan Satu Fasilitas Terminal <i>Back-loading</i> terhadap <i>Service Level</i> .....	79
4.6.6	Pengaruh Perubahan <i>Cluster</i> terhadap <i>Service Level</i> .....	80
BAB 5 IMPLEMENTASI MODEL DAN ANALISIS.....		83
5.1	Penentuan Kombinasi Jumlah dan Kapasitas Tanker.....	83
5.2	Penentuan ROP untuk Aturan Pengiriman BBM .....	85
5.3	Perubahan Keputusan Akibat Peningkatan <i>Daily of Take</i> .....	88
5.4	Perubahan Keputusan Akibat Peningkatan Kapasitas Tangki Timbun..	89
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN .....		91
6.1	Kesimpulan.....	91
6.2	Saran .....	92
DAFTAR PUSTAKA .....		93
LAMPIRAN .....		97
BIOGRAFI PENULIS .....		107



Halaman ini sengaja dikosongkan.

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Tingkat Konsumsi BBM di Indonesia.....	1
Gambar 1. 2 <i>Framework</i> Struktur Rantai Pasok .....	2
Gambar 2. 1 Ilustrasi <i>Container Ship</i> .....	11
Gambar 2. 2 Ilustrasi <i>General Cargo BreakBulk Vessel</i> .....	12
Gambar 2. 3 Ilustrasi <i>General Bulk Carrier</i> .....	13
Gambar 2. 4 Ilustrasi <i>Oil Tanker</i> .....	13
Gambar 2. 5 Sistem Pemompaan <i>Oil Tanker</i> .....	13
Gambar 2. 6 <i>Safety Stock</i> sebagai Persediaan Pengaman .....	23
Gambar 2. 7 Hubungan Nilai Z dan Probabilitas <i>Stockout</i> .....	24
Gambar 2. 8 Peta Perkembangan Penelitian .....	28
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Penelitian .....	29
Gambar 3. 2 <i>Flowchart</i> Penelitian (Lanjutan) .....	30
Gambar 3. 3 Tahapan Pemodelan Sistem (Daellenbach & McNickle, 2005).....	31
Gambar 3. 4 Ringkasan Situasi Permasalahan .....	32
Gambar 3. 5 <i>Event</i> Distribusi BBM Jalur Laut .....	34
Gambar 3. 6 <i>Activity Cycle Diagram</i> BBM .....	37
Gambar 3. 7 <i>Activity Cycle Diagram Tanker</i> Pembuatan Model Simulasi.....	37
Gambar 4. 1 Depo Distribusi BBM Indonesia Timur .....	41
Gambar 4. 2 Diagram Alir <i>Routing Tanker</i> .....	44
Gambar 4. 3 Diagram Alir Logika Pengisian Kompartemen dan Penentuan Tujuan .....	46
Gambar 4. 4 Pembagian <i>Cluster</i> .....	48
Gambar 4. 5 Model Simulasi .....	49
Gambar 4. 6 Submodel Jam Operasional .....	49
Gambar 4. 7 Submodel DOT dan Perhitungan SOD .....	50
Gambar 4. 8 Sub-submodel DOT dan SOD.....	50
Gambar 4. 9 Animasi Status Tangki Timbun Setiap Depo .....	51
Gambar 4. 10 <i>Update</i> Stok BBM dan Perhitungan SOD.....	51
Gambar 4. 11 Logika <i>Update</i> Nilai <i>Stock On Hand</i> .....	52

Gambar 4. 12 Submodel Evaluasi Tangki Timbun Terminal Transit .....	52
Gambar 4. 13 <i>Update</i> Level Stok pada Tangki Timbun Terminal Transit .....	53
Gambar 4. 14 Submodel Evaluasi Tangki Timbun dengan ROP .....	54
Gambar 4. 15 Entitas untuk Evaluasi Tangki Timbun .....	54
Gambar 4. 16 Logika Sinyal Pengiriman .....	55
Gambar 4. 17 Evaluasi Stok Tangki Timbun .....	55
Gambar 4. 18 Submodel Terminal Bahan Bakar Minyak .....	56
Gambar 4. 19 <i>Create</i> Tanker .....	56
Gambar 4. 20 Logika Pemilihan Titik Kritis .....	57
Gambar 4. 21 Logika Pencarian Titik Kritis Utama.....	58
Gambar 4. 22 Logika Pemilihan Tujuan dan Pengisian Kompartemen .....	58
Gambar 4. 23 Pemilihan Tujuan dan Produk pada Kompartemen 2 dan 3 .....	59
Gambar 4. 24 Logika Pengisian Kompartemen Selanjutnya.....	60
Gambar 4. 25 Logika Penggunaan Dermaga TBBM .....	60
Gambar 4. 26 Proses Tanker tiba di Dermaga Tujuan .....	62
Gambar 4. 27 Logika Pengisian Tangki Timbun .....	63
Gambar 4. 28 <i>Update Stock</i> pada Tangki Timbun .....	64
Gambar 4. 29 Pengecekan <i>Error</i> pada Model Simulasi di Arena .....	66
Gambar 4. 30 Verifikasi Manual .....	66
Gambar 4. 31 Verifikasi Sinyal ROP .....	67
Gambar 4. 32 Verifikasi Jam Operasional.....	68
Gambar 4. 33 <i>Process Analyzer</i> .....	70
Gambar 4. 34 Pengaruh Penambahan Tanker Produk 1 terhadap <i>Service Level</i> Produk 1.....	72
Gambar 4. 35 Pengaruh Penambahan Tanker terhadap <i>Service Level</i> .....	73
Gambar 4. 36 Pengaruh Aturan Pengiriman terhadap <i>Service Level</i> .....	77
Gambar 4. 37 Pengaruh Peningkatan <i>Daily of Take</i> terhadap <i>Service Level</i> .....	77
Gambar 4. 38 Pengaruh Aturan Pengiriman dan Peningkatan <i>Daily of Take</i> terhadap <i>Service Level</i> .....	79
Gambar 5. 1 Pengaruh Perubahan Kapasitas Tangki Timbun terhadap <i>Service</i> <i>Level</i> pada Aturan 1 .....	89

Gambar 5. 2 Pengaruh Perubahan Kapasitas Tangki Timbun terhadap <i>Service Level</i> pada Aturan 2 .....	90
--	----

Halaman ini sengaja dikosongkan.

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Biaya Pengangkutan Moda Transportasi .....	8
Tabel 2. 2 Hubungan Tonase Bobot Mati dan Sarat Kapal Rata-Rata.....	9
Tabel 2. 3 Klasifikasi Skema Penyewaan Kapal.....	15
Tabel 2. 4 Hubungan Nilai Z dan <i>Service Level</i> .....	25
Tabel 3. 1 Variabel Sistem .....	35
Tabel 3. 2 Data yang Dibutuhkan .....	36
Tabel 4. 1 Biaya pada Sistem <i>Charter</i> .....	42
Tabel 4. 2 Tarif Dasar Jasa Pelayanan Pelabuhan.....	43
Tabel 4. 3 Tarif Jasa Pelayanan Pelabuhan .....	43
Tabel 4. 5 Hasil <i>Output</i> Simulasi per Replikasi.....	65
Tabel 4. 6 Validasi dengan <i>Student's t Hypothesis Testing</i> .....	69
Tabel 4. 7 Jumlah Tanker Awal .....	70
Tabel 4. 8 Penambahan 1 Tanker Produk 1 .....	71
Tabel 4. 9 Penambahan 2 Tanker Produk 1 .....	71
Tabel 4. 10 Pengaruh Penambahan Tanker Produk 1 pada <i>Service Level</i> Produk 1 .....	72
Tabel 4. 11 Penambahan 1 Tanker 3500.....	73
Tabel 4. 12 Pengaruh Penambahan Tanker pada <i>Service Level</i> .....	74
Tabel 4. 13 Jumlah Tanker Awal dengan Aturan 2 .....	75
Tabel 4. 14 Perbandingan <i>Service Level</i> dengan Aturan 1 dan Aturan 2.....	75
Tabel 4. 15 Pengaruh Aturan Pengiriman terhadap <i>Service Level</i> .....	76
Tabel 4. 16 Pengaruh Peningkatan <i>Daily of Take</i> terhadap <i>Service Level</i> .....	78
Tabel 4. 17 Pengaruh Aturan Pengiriman dan Peningkatan <i>Daily of Take</i> terhadap <i>Service Level</i> .....	79
Tabel 4. 18 Pengaruh Penambahan Satu Terminal <i>Back-Loading</i> terhadap <i>Service Level</i> .....	80
Tabel 4. 19 Pengaruh Perubahan <i>Cluster</i> terhadap <i>Service Level</i> .....	81
Tabel 5. 1 <i>Service Level</i> Awal .....	83
Tabel 5. 2 Uji Signifikansi dengan ANOVA pada <i>Service Level</i> .....	84

Tabel 5. 3 Skenario Penambahan Tanker Terbaik.....	84
Tabel 5. 4 Perbandingan <i>Service Level</i> pada Perubahan Aturan Pengiriman.....	86
Tabel 5. 5 Skenario Penambahan Tanker Terbaik Aturan 1 .....	87
Tabel 5. 6 Skenario Penambahan Tanker Terbaik Aturan 2 .....	87
Tabel 5. 7 Skenario Penambahan Tanker Terbaik Aturan 1 Perubahan DOT .....	88
Tabel 5. 8 Skenario Penambahan Tanker Terbaik Aturan 2 Perubahan DOT .....	88
Tabel 5. 9 Skenario Penambahan Tanker Terbaik Aturan 1 Perubahan Kapasitas Tangki Timbun .....	89
Tabel 5. 10 Skenario Penambahan Tanker Terbaik Aturan 2 Perubahan Kapasitas Tangki Timbun .....	90



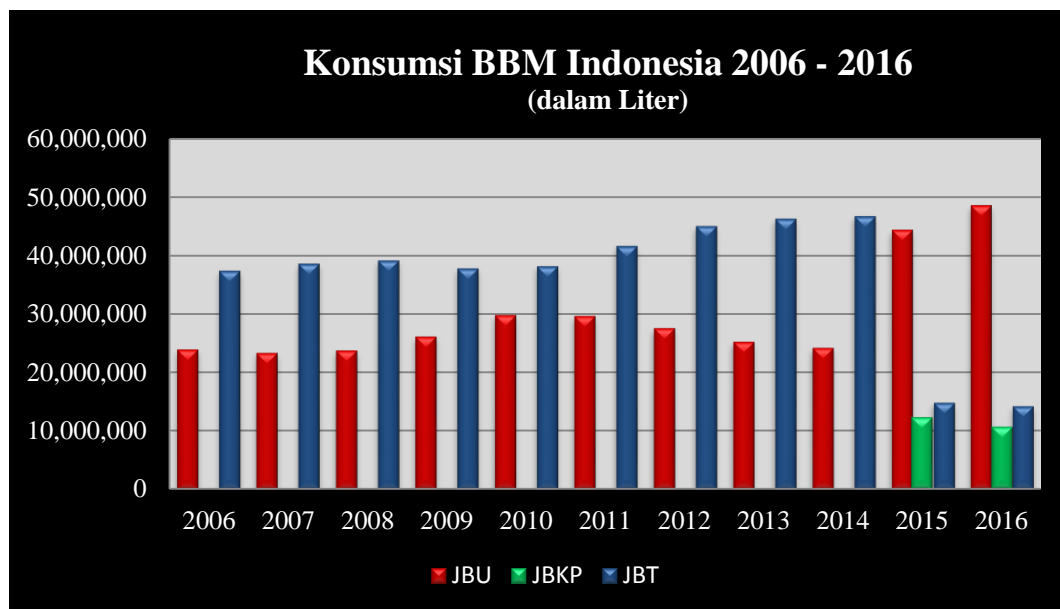
# BAB 1

## PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan ini akan dipaparkan mengenai hal-hal yang mendasari dilakukannya penelitian dan identifikasi permasalahan penelitian. Bab ini memuat latar belakang, perumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

### 1.1 Latar Belakang

Konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM) di Indonesia mengalami peningkatan dalam periode 2006 hingga 2016 seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan pertumbuhan ekonomi dalam negeri. Pada Gambar 1.1 dapat diketahui bahwa terjadi kecenderungan peningkatan konsumsi BBM di Indonesia selama 11 tahun terakhir. Oleh karena itu, ketersediaan BBM menjadi hal yang penting untuk memenuhi kebutuhan BBM dalam negeri.

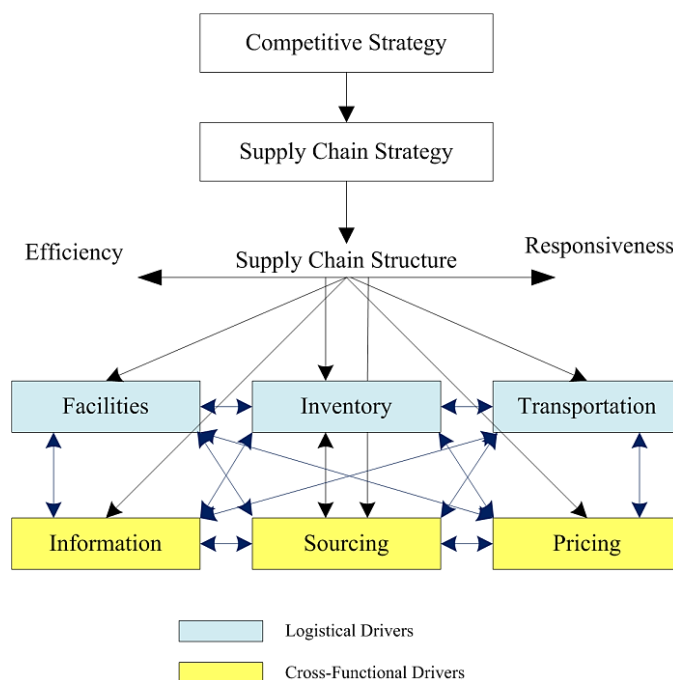


Gambar 1. 1 Tingkat Konsumsi BBM di Indonesia (BPH MIGAS, 2017)

Dengan meningkatnya konsumsi BBM diperlukan pula peningkatan infrastruktur penunjang distribusi BBM seperti armada transportasi dan fasilitas

tangki timbun. Tujuan utama dari strategi rantai pasok yaitu mendapatkan kesesuaian antara *efficiency* dan *responsiveness* untuk menentukan strategi kompetitif. Pada distribusi BBM wilayah Indonesia, tingkat ketidakpastian permintaan cukup tinggi. Oleh karena itu diperlukan strategi responsif dengan tingkat persediaan yang tinggi untuk tetap mempertahankan *service level* pada tingkat yang tinggi. Terjadinya *shortage* dapat menurunkan tingkat *responsiveness* terhadap pemenuhan permintaan (Gambar 1.2).

Tanker, *Rail Tank Wagon* (RTW) dan pipa merupakan moda transportasi Pertamina untuk mendistribusikan BBM dari kilang atau *refinery unit* (1<sup>st</sup> tier), terminal transit (2<sup>nd</sup> tier) hingga ke depo tujuan (3<sup>rd</sup> tier). Pada pendistribusian BBM ke 111 depot yang berada di wilayah Indonesia, penggunaan Tanker mendominasi moda transportasi lainnya. Distribusi BBM dari 1<sup>st</sup> tier hingga 3<sup>rd</sup> tier di wilayah Maluku – Papua didominasi oleh penggunaan tanker sebagai salah satu transportasi laut. Peran dari moda transportasi untuk mengangkut dan mendistribusikan BBM dari 1<sup>st</sup> tier ke ke 3<sup>rd</sup> tier sangat berpengaruh kepada tingkat persediaan BBM di tangki timbun terminal transit dan depo tujuan.



Gambar 1. 2 *Framework* Struktur Rantai Pasok (Chopra & Meindl, 2007)

Berdasarkan *framework* struktur rantai pasok pada Gambar 1.2, dapat diketahui bahwa dengan meningkatkan jumlah transportasi dapat meningkatkan tingkat *responsiveness*, namun tingkat *efficiency* akan semakin rendah. Salah satu permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan penyalur BBM adalah terjadinya kondisi kritis dan krisis pada depot. Untuk menghindari *shortage* pada tangki timbun dibutuhkan penjadwalan distribusi yang tepat dan juga ketersediaan armada berupa tanker untuk mengirim BBM tersebut. Kondisi *shortage* maupun tidak terjadinya *shortage* dapat mengindikasikan terjadinya permasalahan seperti penjadwalan yang kurang baik dan jumlah armada yang kurang atau lebih. Oleh karena itu, dibutuhkan penjadwalan yang tepat dan jumlah armada yang memenuhi kebutuhan.

Biaya transportasi memiliki proporsi 66% terhadap keseluruhan biaya logistik sehingga efisiensi transportasi pada sistem distribusi sangat penting bagi suatu perusahaan pembuat kebijakan (Ghiani, et al., 2004). Di antara media transportasi darat, laut, dan udara, biaya transportasi laut memiliki tingkat biaya terendah yaitu 0.73 sen/ton mile (Ballou, 1998 dalam Nugroho, 2011). Dalam artikel yang dilansir oleh BBC Indonesia pada 19 Oktober 2016, pihak Pertamina menyatakan bahwa program penyamarataan harga BBM Maluku – Papua pada tahun 2017 dapat menambah beban logistik dan distribusi Pertamina hingga sekitar Rp 800 miliar.

Penelitian terkait penjadwalan dan penentuan rute pada permasalahan transportasi telah dikembangkan dalam beberapa dekade terakhir. Pendistribusian BBM merupakan permasalahan *inventory routing and scheduling problem*. Siswanto et.al (2010) mengembangkan *ship inventory routing and scheduling problem* dengan *undedicated compartment* berdasarkan permasalahan pendistribusian produk curah basah dengan objektif meminimasi biaya perjalanan, biaya bongkar-muat, dan biaya *setup*. Kemudian Rani et.al (2010) mengembangkan model tersebut dengan mempertimbangkan *product loading compatibility constraint* yaitu beberapa produk curah basah tidak dapat diletakkan pada kapal yang sama atau kompartemen yang bersebelahan dengan produk curah basah spesifik lainnya dengan alasan *hazardous material rule*. Pada permasalahan distribusi BBM wilayah Indonesia Timur, terdapat terminal *back-loading*, batasan

*awaiting daylight* (batasan waktu kunjungan pada dermaga), dan batasan kapasitas dermaga. Selain itu, waktu perjalanan atau waktu pelayaran kapal dan *thrput* atau *daily of take* BBM di setiap depo penyalur bersifat *uncertain*. Oleh karena itu, digunakan model simulasi diskrit (*discrete-event simulation*) untuk memodelkan sistem distribusi ini karena model simulasi dapat mengakomodasi interdependensi dan variabilitas yang ada pada sistem.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang menjadi pokok bahasan pada penelitian ini adalah penentuan kombinasi jumlah dan kapasitas tanker yang digunakan untuk mendistribusikan BBM dengan meminimasi biaya dan menjaga *service level* melalui pendekatan simulasi.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Mengembangkan model konseptual dan model simulasi sistem distribusi BBM.
2. Mendapatkan skenario terbaik pada penentuan kombinasi jumlah dan kapasitas untuk permasalahan distribusi BBM.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Menjadi rujukan atau referensi dalam penelitian terkait distribusi BBM.
2. Memperoleh informasi sebagai penunjang pengambilan keputusan dalam menentukan kombinasi dan jumlah kapal distribusi BBM yang optimal.

## **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Batasan yang digunakan pada penelitian ini:

1. Produk yang disalurkan atau didistribusikan yaitu Bahan Bakar Minyak yang terdiri dari Premium, Solar dan Kerosine serta Bahan Bakar Khusus yang terdiri dari Avtur, Pertalite, Pertamina, dan Biosolar.

2. *Narrow system of interest* pada penelitian ini adalah distribusi BBM dari Terminal Transit (2<sup>nd</sup> tier) ke 20 depo tujuan (3<sup>rd</sup> tier)

Sedangkan, asumsi yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tidak terdapat kerusakan pada tanker baik bersifat *minor* atau *major* pada masa operasional kapal.
2. Jika kapal melakukan *docking* maka akan diganti dengan kapal lain yang sejenis.
3. BBM pada Terminal Transit selalu tersedia.
4. Biaya pencucian kompartemen diabaikan.
5. Biaya inventori diabaikan karena produk yang berada di penyimpanan terminal transit dan depo penyalur dimiliki oleh perusahaan yang sama.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Pada penulisan laporan tugas akhir ini, laporan terdiri atas enam bab yang meliputi:

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab pendahuluan memaparkan hal-hal yang mendasari dilakukannya penelitian dan identifikasi permasalahan penelitian. Bab ini memuat latar belakang, perumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab tinjauan pustaka memuat teori-teori, informasi, dan penelitian-penelitian terkait yang telah dilakukan sebelumnya untuk digunakan sebagai landasan dan referensi dalam pengerjaan tugas akhir ini.

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Bab metodologi penelitian memaparkan metodologi yang diterapkan dalam penelitian berupa tahapan-tahapan dilakukannya penelitian secara sistematis. Bahasan yang dimuat pada metodologi penelitian adalah pengumpulan

data, pembuatan model, pembuatan skenario yang diawali dengan hipotesis awal, eksperimen, analisis serta kesimpulan dan saran.

#### **BAB 4 PENGEMBANGAN MODEL**

Bab pengembangan sistem memuat pembuatan model yang dimulai dari pembuatan model konseptual, pembuatan model simulasi, verifikasi dan validasi model, dan eksperimen beserta analisis terhadap model.

#### **BAB 5 IMPLEMENTASI MODEL DAN ANALISIS**

Bab implementasi model dan analisis memuat penentuan skenario yang terpilih dan analisis pengaruh setiap variabel keputusan yang telah ditentukan pada setiap alternatif skenario terhadap performansi sistem yang telah dipaparkan pada bab metodologi penelitian.

#### **BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab kesimpulan dan saran memuat kesimpulan atau hasil dari penelitian yang telah dilakukan dan saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab tinjauan pustaka ini akan dipaparkan uraian teori, temuan, dan bahan penelitian lain yang selanjutnya dijadikan sebagai dasar atau landasan dalam pengerjaan penelitian ini.

#### **2.1 Transportasi Laut**

Transportasi adalah aktivitas pemindahan barang dan/atau penumpang dari suatu tempat ke tempat lain (Salim, 2006). Definisi tersebut sama halnya dengan pengertian transportasi menurut Chopra (2001) yang mendefinisikan transportasi sebagai pergerakan produk dari suatu lokasi ke lokasi lainnya yang merupakan permulaan rantai pasok sampai ke konsumen akhir. Berdasarkan jenis media perpindahan barang atau penumpang, sistem transportasi dibedakan menjadi beberapa kategori yaitu:

1. **Transportasi Darat**

Transportasi darat meliputi perpindahan barang melalui jalur darat seperti rel (*rail*) dan *highway*.

2. **Transportasi Laut**

Transportasi laut meliputi perpindahan barang melalui jalur perairan baik perairan samudera (*coastal* dan *ocean*) ataupun perairan darat (*inland*).

3. **Transportasi Udara**

Transportasi udara meliputi perpindahan barang melalui jalur udara baik domestic atau internasional (lintas negara).

4. ***Pipelines***

*Pipelines* merupakan transportasi khusus karena tidak melibatkan kendaraan. Transportasi ini melibatkan perpindahan barang sepanjang *pipelines*. Umumnya penggunaan *pipelines* dilakukan pada produk minyak dan gas.



Transportasi laut memiliki peran yang penting dalam kegiatan perdagangan baik domestik maupun internasional. Perbandingan tingkat biaya transportasi untuk setiap kategori media transportasi dipaparkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Biaya Pengangkutan Moda Transportasi

Moda Transportasi	Biaya (Sen/Ton-Mile)	Persentase Skala
Truk	25.08	42.68%
Kereta ( <i>rail</i> )	2.50	4.26%
Laut	0.73	1.24%
Udara	58.75	100%
<i>Pipeline</i>	1.40	2.38%

(Sumber: Ballou, 1998)

### 2.2.1 Karakteristik Transportasi Laut

Terdapat beberapa hal krusial dan perlu diperhatikan dalam transportasi laut karena berkaitan erat dengan penyelenggaraan distribusi barang dengan media transportasi laut. Menurut Hwang (2005), hal-hal tersebut meliputi:

#### 1. Kapal

Terdapat beberapa komponen penting untuk kategori kapal yaitu kapasitas, kompartemen, tipe armada, batasan dermaga dan kanal, kecepatan, dan lokasi di titik awal perencanaan horizon. Apabila dibedakan berdasarkan produk yang dibawa, kapal dapat dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu *Conventional Liner Vessel*, *Full Container Vessel*, *General Cargo Breakbulk Vessel*, *RoRo*, dan *Tanker*.

#### 2. Pelabuhan

Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 69 Tahun 2001 tentang Kepelabuhan, depo atau ports dapat didefinisikan sebagai tempat kegiatan ekonomi yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, berlabuh, naik/turun penumpang dan/atau bongkar muat barang yang dilengkapi dengan kegiatan penunjang pelabuhan. Depo memiliki beberapa karakteristik sebagai berikut::

##### a. Tonase Bobot Mati dan Sarat Kapal

Tonase Bobot Mati atau yang lebih dikenal sebagai *dead weight tonnage* adalah jumlah bobot yang dapat ditampung oleh kapal untuk menjaga

kapal terbenam hingga batas yang diizinkan. Tonase bobot mati didefinisikan sebagai jumlah dari muatan barang, bahan bakar, air tawar, air *ballast*, penumpang, dan awak kapal. Sedangkan sarat kapal atau yang lebih dikenal dengan *draft* adalah kedalaman bagian kapal yang terendam air.

Tabel 2. 2 Hubungan Tonase Bobot Mati dan Sarat Kapal Rata-Rata

Tonase Bobot Mati (ton)	Sarat Kapal (ft)
3,500	5-8
6,500	9-12
10,000	26
20,000	30
50,000	38
100,000	48

(Sumber: Suyono, 2005)

- b. Dimensi kapal yang dapat memasuki depo, depo memiliki spesifikasi panjang kapal dan berat kapal maksimum yang dapat bersandar pada dermaga untuk menghindari kerusakan dermaga akibat ketidakmampuan konstruksi untuk menahan beban dari kapal.
- c. Kegiatan penunjang dan pelayanan yang disediakan depo seperti *loading*, *unloading* dan lainnya. Penggunaan pelayanan tersebut umumnya akan dikenakan biaya tertentu.

### 3. Kargo

Kargo adalah muatan yang dibawa oleh moda transportasi. Kargo memiliki jenis yang bervariasi seperti curah kering, curah basah, dan produk manufaktur. Kargo memiliki sifat-sifat khusus terkait dengan pemuatan pada transportasi untuk distribusi. Untuk produk curah basah seperti minyak, zat kimia cair, dan gas cair terdapat faktor penguapan yang mungkin terjadi pada saat proses pendistribusian. Selain itu, terdapat pula faktor kompatibilitas kargo yang dimuat pada kapal. Pada umumnya kompatibilitas berkaitan dengan *hazardous material rule* yaitu suatu barang yang tergolong mempunyai sifat berbahaya (korosif, mudah terbakar, beracun, dan radioaktif) harus diberi perlakuan khusus pada saat

dimuat pada kapal. Salah satu contoh adalah pada pengangkutan bahan bakar avtur dan premium yang tidak dapat dimuat pada kompartemen kapal yang berdampingan.

#### 4. Biaya

Pada transportasi laut, terdapat beberapa aktivitas yang menimbulkan biaya, biaya pada aktivitas transportasi laut dapat diklasifikasikan menjadi lima kategori (Stopford, 2009).

##### a. Biaya Operasi (*Operating Cost*)

Biaya dalam menjalankan aktivitas dalam kapal seperti biaya upah awak kapal, asuransi, administrasi, dan perbaikan rutin.

##### b. Biaya Pemeliharaan Periodik (*Periodic Maintenance Cost*)

Biaya pemeliharaan periodik meliputi biaya *dry docking* dan *special survey*. Besar dari biaya ini bergantung pada umur dan kondisi kapal.

##### c. Biaya Perjalanan (*Voyage Cost*)

Biaya perjalanan merupakan biaya variabel yang meliputi biaya pelabuhan, biaya kapal pandu, dan biaya bahan bakar. Bahan bakar pada kapal terdiri dari *bunker oil* dan *diesel oil*.

##### d. Biaya Penanganan Kargo (*Cargo Handling Cost*)

Biaya penanganan kargo meliputi biaya pemuatan kargo, biaya pembongkaran kargo, dan biaya penyimpanan kargo.

##### e. Biaya Kapital (*Capital Cost*)

Biaya kapital adalah biaya yang ditanggung oleh pengguna kapal. Biaya ini dihitung berdasarkan sistem pengadaan kapal. Biaya ini dapat berupa pembayaran hutang dan pembagian dividen.

##### f. *Bunker Cost* (Biaya Bahan Bakar Kapal)

*Bunker cost* merupakan fungsi dari konsumsi bahan bakar berdasarkan pada spesifikasi teknik kapal. *Bunker cost* terdiri atas *bunker cost* pada saat kondisi laden dan ballast serta *bunker cost* pada saat kapal melakukan *loading- unloading*.

##### g. *Flushing between Loads*

Biaya *flushing* adalah biaya pencucian pada kompartemen setiap penggantian muatan. Untuk pendistribusian BBM melalui moda

transportasi laut seperti *tanker*, biaya ini muncul ketika suatu kompartemen yang sebelumnya diisi oleh suatu muatan, namun untuk pengiriman selanjutnya kompartemen tersebut diisi dengan muatan yang berbeda maka harus dilakukan pencucian kompartemen. Pencucian kompartemen tersebut menyebabkan adanya biaya *flushing*.

### 2.2.2 Karakteristik Kapal

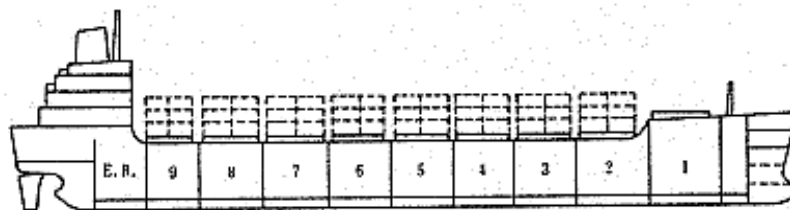
Kapal memiliki beberapa karakteristik yang membedakan antara satu jenis dengan jenis lainnya. Berdasarkan ukurannya, kapal memiliki ukuran yang bervariasi, ukuran merepresentasikan kapasitas berat dan volume muatan yang dapat diangkut oleh kapal tersebut. Jenis kapal dapat pula dibedakan berdasarkan produk yang diangkut (Suyono, 2005).

#### a. *Conventional Liner Vessel*

Kapal ini merupakan kapal barang biasa, melakukan pelayaran dengan jadwal yang tetap dan membawa muatan umum (*general cargo*). Muatan tersebut dimuat dan dibongkar dengan menggunakan peralatan kapal dan disusun dalam palka kapal dengan bantuan tenaga manusia.

#### b. *Full Container Vessel*

Kapal ini dikhususkan untuk memuat petikemas (*container*) sehingga dilengkapi dengan peralatan penunjang untuk melakukan bongkar/muat petikemas. Kapal petikemas memerlukan terminal khusus untuk melakukan bongkar/muat.

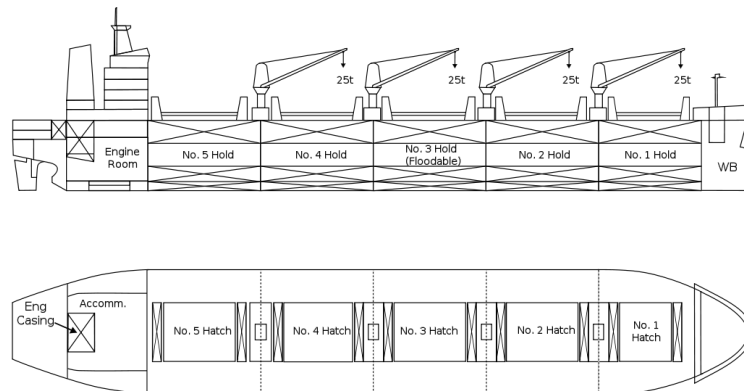


Gambar 2. 1 Ilustrasi *Container Ship* (Hwang & Al-Khayyal, 2007)

#### c. *General Cargo Breakbulk Vessel*

Kapal ini dulunya beroperasi sebagai kapal angkut serba guna sebelum adanya kapal petikemas yang dibuat untuk efisiensi. Kapal *general*

*cargo* tidak memerlukan terminal khusus untuk bongkar/muat. Oleh karena itu, kapal ini masih sering digunakan sebagai moda transportasi. Umumnya kapal ini berfungsi sebagai *tramper* karena harganya yang cenderung murah dan dapat mengangkut muatan ke segala penjuru dunia.



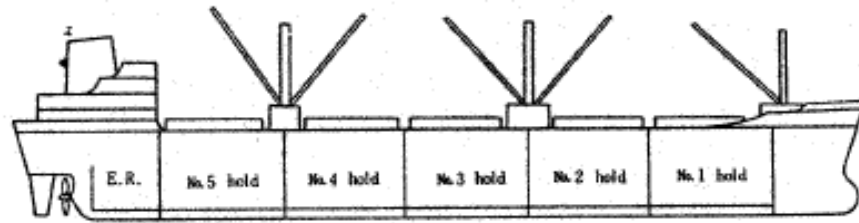
Gambar 2. 2 Ilustrasi *General Cargo BreakBulk Vessel*

d. *RoRo*

RoRo atau *Roll-on, Roll-off* adalah kapal yang didesain untuk kegiatan bongkar/muat barang ke kapal di atas kendaraan roda. Kapal ferry dan *car ferries* merupakan beberapa contoh dari kapal RoRo. Tempat luang disediakan dalam kapal RoRo dengan tujuan untuk mengalokasikan barang yang muat oleh kendaraan yang masuk dalam kapal RoRo, contohnya kontainer dan petikemas.

e. *Bulk Carrier*

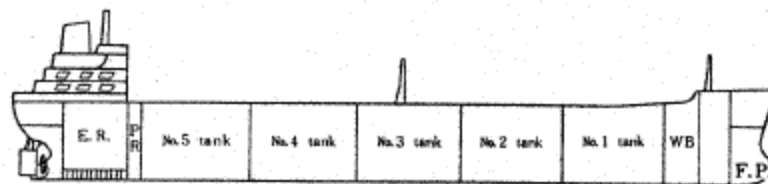
*Bulk Carrier* merupakan kapal pengangkut muatan curah. Kapal ini umumnya berukuran besar dan memiliki satu dek yang mengangkut muatan yang dibungkus atau curah (*bulk*). Muatan dipompa ke dalam kapal dengan bantuan mesin curah. Di tempat pembongkaran, sisi dari palka dibongkar dengan menggunakan konveyor. Palka dari kapal ini berbentuk corong sehingga muatan dapat terkumpul di tengah palka.



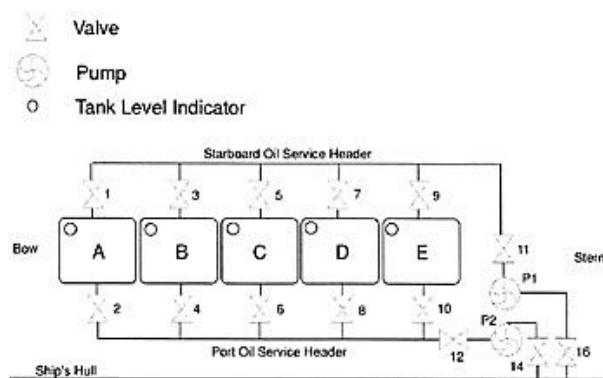
Gambar 2. 3 Ilustrasi *General Bulk Carrier* (Hwang & Al-Khayyal, 2007)

f. *Tanker*

Kapal *tanker* merupakan kapal dengan geladak dimana terdapat tangki-tangki yang tersusun secara integral maupun terpisah (kompartemen) yang digunakan untuk mengangkut minyak curah, zat kimia cair, gas cair dan sebagainya. Pada umumnya, kapal tanker terutama *oil tanker*, didesain untuk mengangkut lebih dari satu produk di saat yang sama sehingga kapal memiliki beberapa kompartemen.



Gambar 2. 4 Ilustrasi *Oil Tanker* (Hwang & Al-Khayyal, 2007)



Gambar 2. 5 Sistem Pemompaan *Oil Tanker*

## 2.2 Skema Penyewaan Kapal

Pada bisnis pelayaran, umumnya terdapat empat jenis kontrak penyewaan kapal yang digunakan yang mana masing-masing jenis kontrak tersebut memiliki karakteristik yang berbeda. Jenis kontrak penyewaan yang dipilih disesuaikan dengan kebutuhan oleh penyewa jasa. Jenis-jenis sistem penyewaan kapal meliputi:

### 1. *Time Charter*

Pada skema ini, kapal disewa untuk periode waktu tertentu. Penyewa kapal tetap mengatur kondisi kapal, namun penyewa yang menentukan titik tujuan dan rute yang akan dilewati oleh kapal sewaan (Mark, 2001). Penyewa bertanggung jawab untuk menanggung bahan bakar yang dikonsumsi kapal, biaya pelabuhan, komisi dan gaji awak kapal. Dalam sistem *time charter*, risiko keterlambatan yang terjadi menjadi milik pihak penyewa. Sewa kapal umumnya mengatur beberapa kejadian tertentu terkait kerusakan mesin kapal, kekurangan awak kapal dan lain-lain yang bukan merupakan tanggung jawab pihak penyewa.

### 2. *Voyage Charter*

Pada skema ini, kapal disewa untuk sebuah perjalanan dari sebuah pelabuhan untuk mengangkut kargo ke pelabuhan lain untuk menurunkan kargo tersebut. Penyewa kapal bertanggung jawab atas biaya pelabuhan, bahan bakar kapal, dan gaji awak kapal. Sistem pembayaran pada sistem ini adalah penyewa membayar kepada pemilik kapal dengan dasar *lump-sum* atau untuk setiap satuan kargo yang dibawa. Apabila perjalanan memakan waktu lebih dari *laytime* yang telah disepakati bersama oleh kedua belah pihak, maka penyewa harus membayar biaya *demurrage*. Namun, hal sebaliknya apabila penyewa telah menyelesaikan perjalanan sebelum tenggang *laytime*, maka pemilik membayar *dispatch* kepada penyewa (Cooke & Young, 2014). Skema penyewaan ini menyerupai *Contract of Affreightment* (COA) yang mana kapal disewa untuk melakukan beberapa pelayaran secara berturut-turut.

### 3. *Bareboat Charter* atau *Demise Charter*

Pada skema *demise*, perjanjian sewa-menyewa kapal tidak melibatkan biaya administrasi dan pemeliharaan kapal dalam kontrak. Penyewa mengontrol secara penuh terhadap perihal legalitas dan keuangan dan membayar seluruh biaya



operasi dan biaya asuransi kapal. Pada umumnya perjanjian sewa ini dilakukan dalam jangka waktu tahunan dan penyewa mempunyai hak penguasaan atas kapal.

#### 4. *Liner Charter*

Pada *liner charter*, perjanjian sewa-menyewa dilakukan berdasarkan rute, tujuan dan arah angin. Skema penyewaan ini mempertimbangkan komoditas yang akan diangkut selama perjalanan sehingga biaya dihitung per kontainer yang diangkut. Biaya operasi dan biaya perjalanan menjadi tanggung jawab dari pemilik kapal.

Biaya *capital* merupakan biaya investasi terhadap armada yang beroperasi. Biaya operasi merupakan biaya yang dikeluarkan untuk melakukan kegiatan perawatan seperti *docking* pada armada. Sedangkan, biaya perjalanan (atau biaya operasional) merupakan biaya yang meliputi biaya awak, *bunker cost*, biaya administrasi pelabuhan dan lainnya.

Tabel 2. 3 Klasifikasi Skema Penyewaan Kapal

	Biaya Perjalanan	Biaya Operasi	Biaya Capital
<i>Time Charter</i>	Penyewa	Pemilik	Pemilik
<i>Voyage Charter</i>	Pemilik	Pemilik	Pemilik
<i>Demise Charter</i>	Penyewa	Penyewa	Pemilik
<i>Liner Charter</i>	Pemilik	Pemilik	Pemilik

### 2.3 *Ship Inventory Routing and Scheduling*

*Inventory Routing Problem* (IRP) berbeda halnya dengan *Vehicle Routing Problem* (VRP) yang mana sejumlah kendaraan ditugaskan untuk memenuhi order permintaan dari konsumen, pada IRP tidak terdapat order langsung dari konsumen. IRP membahas mengenai perusahaan yang melakukan penugasan pada sejumlah kendaraan untuk menjaga *stock level* dari setiap komoditi produk dengan meminimasi total biaya untuk *planning horizon* yang ditentukan.

*Ship Inventory Routing Problem* mulanya hanya membahas permasalahan pengiriman produk dari titik *supply* ke titik *demand*. Christiansen dan Nygreen (2005) mengkaji permasalahan ini untuk *single product*. Penelitian tersebut memunculkan biaya penalti dan *soft inventory constraint* pada model, hal

tersebut terkait dengan ketidakpastian tinggi pada *sailing time*. Rute yang dihasilkan *robust* dengan memaksa solusi jauh dari *inventory bound*.

Penelitian tersebut memunculkan pengembangan penelitian apabila permasalahan yang ditemukan adalah pengiriman produk yang berlainan jenis (*multi product*). Al Khayyal dan Hwang (2007) akhirnya dapat menyelesaikan permasalahan pengiriman multi produk dari titik *supply* ke titik *demand*. Variabel keputusan pada penelitian ini adalah kuantitas setiap produk yang harus dibawa dengan tujuan atau objektif menjaga *inventory level* pada setiap titik *demand*. Namun, permasalahan ini diselesaikan dengan asumsi bahwa produk dimuat pada kompartemen yang bersifat *dedicated*. Yang dimaksud dengan *dedicated* adalah kompartemen yang telah dimuat oleh satu produk, tidak dapat dimuat dengan produk lainnyayang berbeda jenis walaupun produk sebelumnya telah selesai dibongkar.

Siswanto et al (2009) mengembangkan model yang dibuat oleh Al Khayyal dan Hwang yang mulanya adalah *dedicated compartment* menjadi *undedicated compartment*. Fungsi objektif adalah minimasi total biaya perjalanan, biaya *setup port*, dan biaya bongkar-muat. Pada penelitian ini, permasalahan diselesaikan dengan menggunakan MILP dengan metode *branch & bound* (dengan *software* LINGO) dan *one-step greedy heuristic*.

Pada tahun 2010, muncul pengembangan dari penelitian SIRPSP-UC oleh Rani et al (2010) yang mengakomodasi batasan kompatibilitas produk. Batasan kompatibilitas produk (*product loading compatibility constraint*) dibagi menjadi dua kategori, yang pertama adalah ketika suatu produk yang tidak kompatibel tidak dapat dimuat dalam kapal yang sama, yang kedua adalah ketika suatu produk dapat dimuat dengan produk lain dalam satu kapal namun tidak boleh di kompartemen yang bersebelahan. Penyelesaian model menggunakan *branch & bound* dengan *software* LINGO.

## **2.4 Pemodelan Sistem dan Simulasi**

Pada sub-bab pemodelan sistem dan simulasi ini akan dipaparkan mengenai tahapan pemodelan sistem dan simulasi.

#### 2.4.1 Sistem

Sistem adalah kumpulan entitas yang berinteraksi satu sama lain untuk mencapai suatu tujuan tertentu. Menurut Daellenbach dan McNickle (2005), definisi formal dari sebuah sistem adalah komponen-komponen yang tersusun secara sistematis dan setiap komponen berkontribusi terhadap perilaku dari sistem tersebut sehingga apabila suatu komponen dihilangkan maka akan mempengaruhi perilaku sistem. Sedangkan menurut O'Brien dan Marakas (2008), sistem adakah sekumpulan komponen yang saling terkait dan bekerja-sama untuk mencapai suatu tujuan dengan menerima input dan menghasilkan output dalam proses bertransformasi dengan batas yang jelas.

Sudut pandang terhadap sebuah sistem bergantung kepada *personal interest* yang dimiliki oleh pengamat. Untuk memandang kepada suatu sistem yang kompleks dan melakukan penarikan keputusan terhadap suatu sistem dibutuhkan cara berfikir sistemik (*system thinking*). Pada tahun 1940, muncul sebuah cara berfikir sistem yang menganalisis interaksi dari setiap komponen sistem secara kuantitatif seperti persamaan matematis yang pada umumnya disebut *operations research* (OR) atau *system engineering*. Kemudian pada awal tahun 1970, muncul pengembangan dari *hard system approach* yaitu *soft system approach* yang mengakomodir pendekatan non-kuantitatif, pendekatan tersebut muncul dikarenakan adanya beberapa pertanyaan *what if* seperti bagaimana pengaruh adanya ketidakpastian terhadap aspek kritis pada sistem amatan (Daellenbach & McNickle, 2005).

#### 2.4.2 Elemen Sistem

Menurut Harrell, et al. (2000), elemen sistem merupakan komponen-komponen yang menyusun sebuah sistem. Elemen mendeskripsikan oleh siapa, apa, dimana, kapan dan bagaimana entitas diproses melalui sudut pandang simulasi, di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Entitas merupakan objek yang diproses pada sistem. Sebuah entitas memiliki karakteristik yang melekat yang dapat disebut sebagai atribut, contohnya adalah warna, kapasitas, dan kondisi.

2. Aktivitas merupakan kegiatan yang berlangsung pada sistem yang secara langsung atau tidak langsung terlibat pada kegiatan entitas. Pada umumnya, aktivitas memerlukan waktu dan *resource*.
3. *Resource* merupakan fasilitas untuk melakukan kegiatan mengolah entitas pada sistem. Pada umumnya *resource* memiliki batasan dan kapasitas untuk menangani entitas pada aktivitas.
4. *Controls* merupakan sebuah batasan untuk mengendalikan sistem serta mengindikasikan bagaimana, kapan, dan dimana aktivitas dilakukan. Sebuah kontrol membawa informasi dan logika keputusan cara sistem seharusnya berjalan.

#### 2.4.3 Simulasi

Simulasi adalah sebuah metode untuk meniru perilaku sistem nyata pada satuan waktu. Menurut Schriber (1987), simulasi merupakan pemodelan dari sebuah proses atau sebuah sistem sedemikian rupa sehingga model dapat meniru respon layaknya pada sistem nyata, dengan mempelajari perilaku model maka dapat pula mempelajari perilaku dari sistem nyata.

Simulasi berbeda halnya dengan teknik *trial-and-error* yang pada umumnya membutuhkan waktu lebih lama, mahal, dan mengganggu (*disruptive*). Pada praktiknya, simulasi dilakukan dengan perangkat lunak simulasi seperti Arena, Promodel, Stella dan Vensim. Dengan menggunakan perangkat lunak simulasi, maka hasil statistik dari performansi sistem akan ditampilkan berupa ringkasan sehingga dapat dianalisis.

Pada sebuah sistem yang kompleks, simulasi merupakan sebuah metode untuk memodelkan sistem tersebut. Kompleksitas dari sebuah sistem disebabkan oleh dua faktor yaitu interdependensi dan variabilitas. Yang dimaksud dengan interdependensi yaitu adanya keterkaitan antar beberapa variabel dalam sistem, sedangkan yang dimaksud dengan variabilitas yaitu beragamnya variabel-variabel pada sistem. Berikut adalah beberapa karakteristik simulasi yang membedakan simulasi dengan metode lainnya (Harrell, et al., 2000):

1. Dapat mengakomodasi interdependensi pada sistem.
2. Dapat memperhitungkan variabilitas pada sistem.

3. Dapat mengadaptasi beragam model dari sistem.
4. Dapat memperlihatkan perilaku sistem terhadap waktu.
5. Dapat menyediakan informasi dari beberapa ukuran performansi.

Terdapat beberapa kategori simulasi untuk membedakan jenis-jenis simulasi. Berikut adalah kategori yang pada umumnya digunakan sebagai acuan:

1. Simulasi statis dan dinamis

Simulasi statis dan dinamis dibedakan berdasarkan pengaruh terhadap waktu. Simulasi statis merupakan simulasi pada suatu sistem yang tidak memiliki pengaruh terhadap waktu. Pada umumnya, simulasi statis melibatkan pembangkitan bilangan random untuk mendapatkan variabel keputusan, contoh dari simulasi diskrit adalah Simulasi Monte Carlo. Sedangkan simulasi dinamis merupakan simulasi pada suatu sistem yang memiliki pengaruh terhadap waktu. Variabel status dari sistem tersebut akan berubah beriringan bergantinya waktu. Contoh dari simulasi dinamis adalah simulasi mesin pabrik yang bekerja sesuai batasan kapasitas mesin terhadap waktu.

2. Simulasi stokastik dan deterministik

Simulasi stokastik dan deterministik dibedakan berdasarkan sifat probabilistik. Simulasi stokastik merupakan simulasi pada suatu sistem yang memiliki variabel probabilistik, *output* dari simulasi stokastik bersifat random karena *input* pada simulasi stokastik ini bersifat random, *random in random out* (RIRO). Oleh karena itu, dibutuhkan beberapa pengulangan dalam menjalankan simulasi untuk mendapatkan ukuran performansi dari sistem yang diamati. Sedangkan simulasi deterministik adalah simulasi pada suatu sistem yang tidak memiliki variabel yang bersifat probabilistik.

3. Simulasi diskrit dan kontinu

Simulasi kontinu dan diskrit dibedakan berdasarkan perubahan yang terjadi di tiap satuan waktu. Simulasi diskrit adalah simulasi pada suatu sistem yang memiliki variabel yang dapat berubah-ubah pada titik waktu tertentu. Sedangkan simulasi kontinu adalah simulasi pada sistem yang memiliki variabel yang berubah secara terus-menerus dalam skala waktu tertentu, contohnya adalah aliran semen curah pada silo.

#### 2.4.3.1 Validasi

Validasi merupakan proses yang dilakukan untuk memastikan bahwa model yang telah dibuat baik model konseptual maupun model simulasi sesuai dan dapat merepresentasikan sistem nyata. Sedangkan verifikasi model atau validasi internal perlu dilakukan untuk memastikan bahwa model yang telah dibuat sesuai dengan alur logika dan cara kerja proses yang sebenarnya.

Umumnya validasi dilakukan dengan membandingkan metrik performansi hasil simulasi dengan sistem nyata. Langkah tersebut dapat dilakukan dengan melakukan uji statistik, seperti uji hipotesis rata-rata dua populasi dan *analysis of variance* dengan hipotesis awal tidak terdapat perbedaan antara metrik performansi. Jika kesimpulan yang didapat adalah tidak terdapat perbedaan, maka model dapat dikatakan valid.

#### 2.4.3.2 Verifikasi

Verifikasi dilakukan dalam dua tahap. Tahap awal dilakukan untuk memastikan tidak terdapat kesalahan pada saat model simulasi berjalan. Hal tersebut dilakukan dengan cara *debugging*. Tahap verifikasi kedua dilakukan untuk memastikan logika aliran simulasi sesuai dengan alur logis. Selain itu, pada verifikasi juga dilakukan perhitungan matematis untuk mengetahui adanya kesalahan atau tidak di model. Kedua tahapan tersebut dapat dikatakan sebagai proses untuk mendeteksi adanya *syntax error* dan *semantic error*. *Syntax error* meliputi kesalahan gramatik dan kesalahan notasi yang menyebabkan simulasi tidak berjalan sesuai yang diharapkan, sedangkan *semantic error* adalah kesalahan logis pada model simulasi yang menyebabkan perilaku pada model tidak sesuai dengan yang dikehendaki (Harrell, et al., 2000).

### 2.5 ***Inventory Control and Management***

Inventori merupakan material dan suplai yang dimiliki oleh sebuah bisnis untuk dijual ataupun untuk dijadikan *input* bagi suatu proses produksi. Pada umumnya inventori adalah salah satu bagian dari total aset sebuah perusahaan,

inventori biasanya merepresentasikan sekitar 20% hingga 60% dari total aset pada neraca keuangan (Arnold, et al., 2008). Sedangkan menurut Pujawan dan Mahendrawati (2010), mayoritas perusahaan memiliki nilai persediaan yang melebihi 25% dari nilai keseluruhan aset yang dimiliki. Dengan adanya inventori, dapat menyebabkan munculnya biaya sehingga biaya operasional akan meningkat dan profit menurun. Pengelolaan inventori yang baik diperlukan karena manajemen persediaan yang baik dapat berpengaruh besar terhadap kinerja finansial perusahaan.

Permintaan yang tetap dapat meminimalisir inventori, namun permintaan yang tidak pasti (*uncertain demand*) merupakan salah satu penyebab adanya inventori. Inventori digunakan pula sebagai *buffer* untuk konsumsi *demand* selanjutnya, hal tersebut dikarenakan adanya *lead time* yaitu rentang waktu antara permintaan produk hingga penerimaan produk. Semakin panjang rentang waktu pengiriman yang dibutuhkan maka semakin banyak pula persediaan yang dibutuhkan.

Terdapat beberapa ukuran yang dapat digunakan untuk memonitor kinerja persediaan, antara lain meliputi tingkat perputaran persediaan (*inventory turnover rate*), *inventory days of supply* dan *fill rate* (Pujawan & Mahendrawati, 2010).

1. Tingkat Perputaran Persediaan (*inventory turnover rate*)

Tingkat perputaran persediaan merepresentasikan seberapa cepat produk atau barang mengalir terhadap jumlah produk yang tersimpan atau berada di persediaan. Umumnya tingkat perputaran diukur dalam ukuran tahunan. Sebagai salah satu contoh, sebuah perusahaan memiliki rata-rata nilai persediaan Rp 5 milyar. Dalam setahun, nilai penjualan perusahaan produk adalah Rp 62.5 milyar dengan profit margin sebesar 20%, maka nilai persediaan yang terjual adalah Rp 50 milyar dalam satu tahun sehingga tingkat perputaran persediaan adalah 10 kali dalam satu tahun. Semakin besar nilai dari tingkat perputaran maka performansi semakin baik.

## 2. *Inventory days of supply*

*Inventory Days of Supply* merupakan rata-rata jumlah hari yang dihitung dari kemampuan persediaan suatu perusahaan dapat beroperasi. Semisal perusahaan memiliki nilai persediaan yang terjual dalam satu tahun adalah Rp 50 milyar, sedangkan jumlah hari kerja dalam satu tahun adalah 250 hari, sehingga nilai persediaan yang terjual per hari adalah Rp 50 milyar / 250 hari yaitu Rp 200 juta. Nilai *inventory days of supply* didapatkan dari nilai Rp 5 milyar dibagi Rp 200 juta, yaitu 25 hari. Jadi, perusahaan memiliki rata-rata persediaan untuk kebutuhan 25 hari kerja.

## 3. *Fill rate*

*Fill rate* merupakan persentase dari kuantitas item tersedia ketika ada permintaan dari pelanggan. Sebagai salah satu contoh, apabila perusahaan memiliki *fill rate* sebesar 95%, dapat dikatakan bahwa probabilitas 95% dari item yang diminta pelanggan tersedia (*on stock*), sebaliknya 5% dari item yang diminta pelanggan tidak tersedia.

### 2.5.1 *Service Level*

*Service level* merupakan sebuah target yang didapatkan dari keputusan manajemen perusahaan. *Service level* merupakan proporsi dari permintaan yang dapat dipenuhi oleh stok yang tersedia. Dengan kata lain, dapat diartikan sebagai probabilitas maksimum permintaan tidak dapat dipenuhi oleh stok persediaan (Waters, 2003). Sebagai salah satu contoh, apabila sebuah perusahaan menetapkan *service level* sebesar 95%, maka terdapat kemungkinan 95% permintaan dapat dipenuhi oleh stok persediaan dan kemungkinan 5% permintaan tidak dapat dipenuhi oleh stok persediaan.

Terdapat beberapa ukuran yang digunakan untuk menyatakan *service level* yaitu antara lain:

1. Persentase order yang terpenuhi seutuhnya dari stok persediaan;
2. Persentase jumlah kuantitas permintaan yang dipenuhi dari stok persediaan;
3. Persentase jumlah kuantitas permintaan yang terkirim tepat waktu;
4. Persentase waktu tersedianya stok;



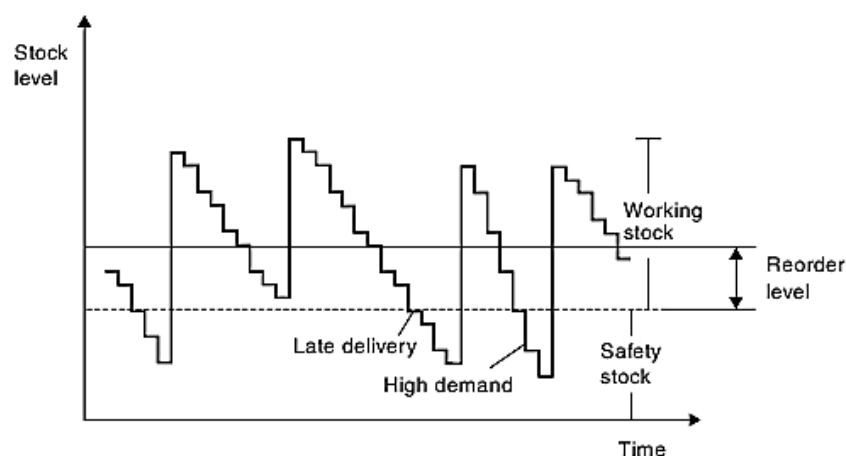
5. Persentase siklus stok tanpa adanya *shortage*;
6. Persentase *item-months* tersedianya stok.

### 2.5.2 Model Inventory dengan Ketidakpastian Permintaan

Jika suatu perusahaan beroperasi di situasi yang memiliki ketidakpastian terhadap permintaan ataupun *lead time*, maka dibutuhkan *stock* atau persediaan pengaman untuk menanggulangi ketidakpastian tersebut sehingga kemungkinan terjadinya *stockout* dapat diminimalisir. Selain itu, dengan adanya *lead time* yang merupakan tenggang waktu dibutuhkan untuk melakukan pengiriman, maka harus ditentukan waktu pemesanan produk. Apabila *lead time* adalah 10 hari (konstan) maka pada saat *coverage days* sama dengan 10 hari perusahaan harus melakukan pemesanan.

Pada praktiknya, baik permintaan dan/atau *lead time* tidak pasti atau bersifat stokhastik, sehingga *reorder point* harus mempertimbangkan faktor ketidakpastian tersebut untuk mencegah terjadinya *stockout* pada saat jangka waktu pengiriman. Dengan kondisi tersebut, *reorder point* dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Pujawan & Mahendrawati, 2010):

$$\text{ROP} = \text{permintaan selama } \textit{lead time} + \textit{safety stock} \quad (2.1)$$



Gambar 2. 6 Safety Stock sebagai Persediaan Pengaman (Chopra & Meindl, 2007)

Jika rata-rata permintaan per hari adalah  $D$  dan durasi pengiriman (*lead time*) adalah  $LT$ , maka *reorder point* dihitung dengan rumus:

$$ROP = LT \times D + SS \quad (2.2)$$

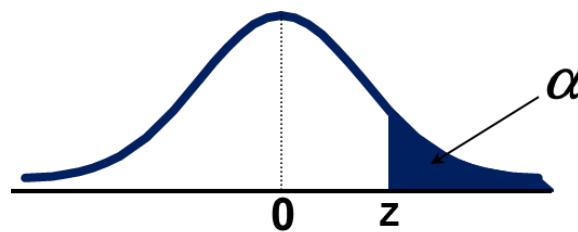
Untuk menghitung *safety stock*, dapat dilakukan berbagai perhitungan dengan kondisi apabila permintaan bersifat stokhastik & *lead time* deterministik dan permintaan bersifat stokhastik & *lead time* stokhastik. Pada kondisi permintaan bersifat stokhastik dan *lead time* bersifat deterministik, maka dipergunakan perhitungan *reorder point* dengan rumus (Waters, 2003):

$$ROP = LT \times D + (Z \times \sigma_D \times \sqrt{LT}) \quad (2.3)$$

Sedangkan untuk kondisi permintaan dan *lead time* keduanya bersifat stokhastik, maka dipergunakan perhitungan *reorder point* dengan rumus (Waters, 2003):

$$ROP = LT \times D + (Z \times \sqrt{LT \times \sigma_D^2 + D^2 \times \sigma_{LT}^2}) \quad (2.4)$$

Untuk mendapatkan ketidakpastian dari permintaan dan *lead time* maka diperlukan pengumpulan data untuk mendapatkan distribusi dari data permintaan dan data *lead time* tersebut, sehingga diketahui nilai rata-rata dan standar deviasi. Suatu nilai dari dari tabel distribusi normal memiliki suatu probabilitas tertentu ( $Z$ ).



Gambar 2. 7 Hubungan Nilai  $Z$  dan Probabilitas *Stockout*

Jika keputusan manajemen suatu perusahaan memberikan toleransi untuk terjadinya *stockout* di saat adanya permintaan sebesar 10 kali untuk setiap 200

siklus pemesanan yang terjadi, maka persentase *stockout* adalah 5% dan *service level* yang dikehendaki adalah 95%. *Service level* 95% berkorelasi dengan nilai Z sebesar 1.64 (Tabel 2.4).

Tabel 2. 4 Hubungan Nilai Z dan *Service Level*

Persentase <i>stockout</i> dalam satu siklus (%)	Z	<i>Service level</i> (%)
0.1	3.00	99.9
0.5	2.58	99.5
1.0	2.33	99.0
2.3	2.00	97.7
3.0	1.88	97.0
5.0	1.64	95.0
10.0	1.28	90.0
15.9	1.00	84.1
20.0	0.84	80.0
50.0	0.00	50.0

(Sumber: Waters, 2003)

## 2.6 Literature Review

Christiansen dan Nygreen (2005) melakukan penelitian mengenai *inventory routing problem* untuk satu produk (s-ISR). Suatu produk akan dimuat pada *supply node* dan akan dibongkar pada *demand node*. Model yang dikembangkan ini diselesaikan dengan *Column Generation*. Kemudian Christiansen et al. (2007) mengembangkan model rantai pasok maritim untuk pendistribusian *multi-product*. Pada penelitian ini, pelayaran dilakukan ke *single loading port* dan *single loading port*, serta *production rate* dan *consumption rate* dapat bervariasi dari waktu ke waktu.

Selanjutnya, Al-Khayyal dan Hwang (2007) mengembangkan sebuah model untuk permasalahan *inventory routing problem* untuk produk curah yang bersifat *multi-product* (m-ISR) dengan *network model* yang serupa dengan model yang telah dikembangkan oleh Christiansen dan Nygreen (2005). Pada model ini setiap kapal memiliki kompartemen yang bersifat *dedicated* untuk setiap produk. Selain itu, kapal-kapal sebagai armada yang digunakan merupakan *heterogenous vehicles*. Depo tujuan merupakan pelabuhan *pick up* dan *delivery*, sehingga tidak terdapat *central supply* karena pelabuhan dapat berfungsi sebagai

tempat produksi dan tempat konsumsi. Fungsi pembatas pada model yang dikembangkan meliputi *routing constraint*, *loading-discharging constraint*, *time aspect constraint*, dan *inventories constraint*. Variabel keputusan dari model tersebut adalah jenis dan kuantitas produk yang akan dibongkar atau dimuat pada titik waktu pelayanan dengan objektif meminimumkan biaya total harian yang terdiri atas *bunker cost* dan *kanal dues*. Berbeda halnya dengan penelitian Christiansen et al. (2007) yang menambahkan *penalty cost* untuk mengakomodasi keterlambatan kedatangan kapal di pelabuhan. Konsekuensi dari keterlambatan tersebut adalah kemungkinan pemberhentian kegiatan produksi. *Safety stock* berfungsi untuk menjamin ketersediaan *inventory* jika terjadi keterlambatan. Pada penelitian ini, permasalahan diselesaikan dengan Lagrangian Relaxation Method dan Heuristic Method (*Harbor-First Heuristic* dan *Ship-First Heuristic*).

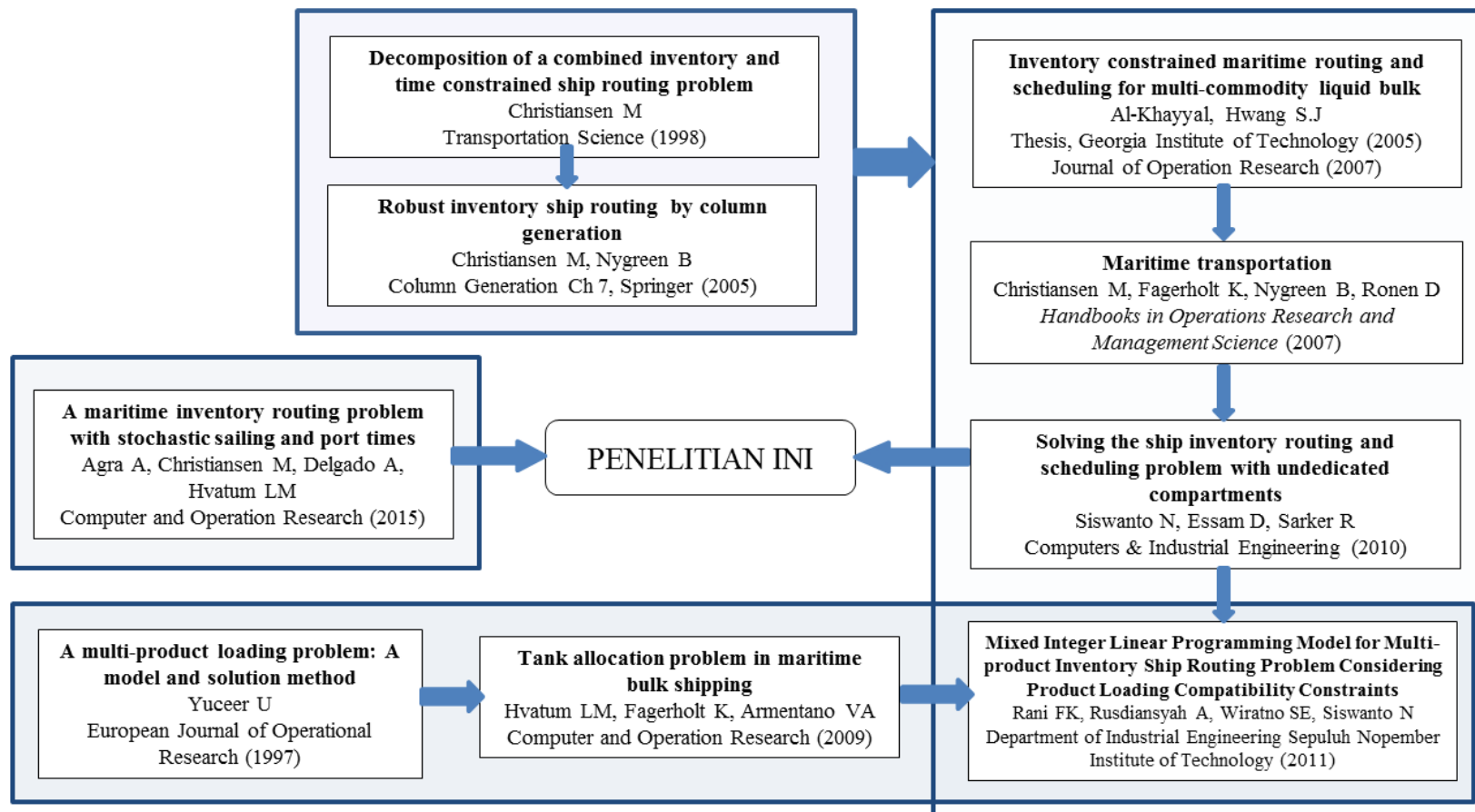
Penelitian Arwanto (2007), membahas distribusi BBM pada PT Pertamina (Persero) UPMS VIII Maluku – Papua. Distribusi Bahan Bakar Minyak meliputi empat bahan bakar yaitu Avtur, Solar, Kerosine, dan Premium. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi jumlah kapal yang digunakan oleh Pertamina UPMS VIII sudah optimal atau tidak. Tujuan atau objektif dari penelitian ini adalah menjaga level persediaan tangki timbun di setiap depo agar tidak terjadi *shortage* dengan variabel keputusan kombinasi dan jumlah kapal distribusi BBM. Permasalahan tersebut diselesaikan dengan menggunakan simulasi kejadian diskrit atau *discrete event simulation*. Berdasarkan hasil penelitian ini, didapatkan bahwa jumlah kapal dapat minimumkan dari yang semula berjumlah delapan menjadi tujuh kapal. Kemudian pada tahun 2008, Fuadie Rahman melakukan penelitian untuk penjadwalan kapal *tanker multi-compartment* yang digunakan untuk pendistribusian BBM pada UPMS V dengan meminimumkan biaya total yang terdiri dari *inventory cost* dan *transportation cost*. Penelitian ini dilakukan pada dua kondisi yaitu *full tanker capacity* dan *on-demand tanker capacity*. Berdasarkan penelitian ini, didapatkan bahwa sistem pengisian kompartemen sistem *full tanker capacity* lebih efisien jika dibandingkan dengan sistem *on-demand capacity*.

Siswanto et al. (2010) mengembangkan model m-ISRP Al-Khayyal dan Hwang (2007) yang sebelumnya kompartemen bersifat *dedicated* menjadi

*undedicated compartment* (sIRPSP-UC). Sama halnya dengan penelitian Al-Khayyal dan Hwang (2007), objektif dari penelitian ini adalah meminimumkan total biaya. Namun pada penelitian ini terdapat komponen biaya *set up port*. Solusi dari permasalahan ini didapat dengan metode penyelesaian multi-heuristik dan metode eksak.

Rani et al (2010) melakukan pengembangan model *multi-product inventory ship routing problem* dengan tujuan menentukan jadwal dan rute kapal *tanker*. Rani et al (2010) melakukan pengembangan dari model sebelumnya dengan mengakomodasi batasan kompatibilitas produk. *Tank Allocation Problem* (TAP) atau batasan kompatibilitas produk (*product loading compatibility constraint*) dibagi menjadi dua kategori, yang pertama adalah ketika suatu produk yang tidak kompatibel tidak dapat dimuat dalam kapal yang sama, yang kedua adalah ketika suatu produk dapat dimuat dengan produk lain dalam satu kapal namun tidak boleh di kompartemen yang bersebelahan. Penyelesaian model MILP menggunakan *branch & bound* dengan *software* LINGO.

Nugroho (2011) melakukan perancangan model ISRP dengan memperhatikan kompatibilitas produk dan pencucian kompartemen. Berbeda halnya dengan model yang dikembangkan oleh Siswanto et al (2009) dan Rani et al (2010), model yang digunakan pada penelitian ini adalah simulasi diskrit. Metrik performansi dari model adalah total biaya selama perjalanan yang meliputi biaya bongkar/muat, biaya pencucian kompartemen, biaya penyimpanan, biaya sewa kapal, biaya administrasi pelabuhan, dan biaya pelabuhan. Pada penelitian didapatkan kesimpulan pencucian kompartemen tidak berpengaruh secara signifikan terhadap biaya yang dihasilkan. Anggoro (2015) melakukan perancangan model untuk mengevaluasi kecukupan jumlah kapal *undedicated compartment* yang dimiliki oleh Pertamina MOR V untuk memenuhi *demand* BBM dengan menggunakan model simulasi diskrit.

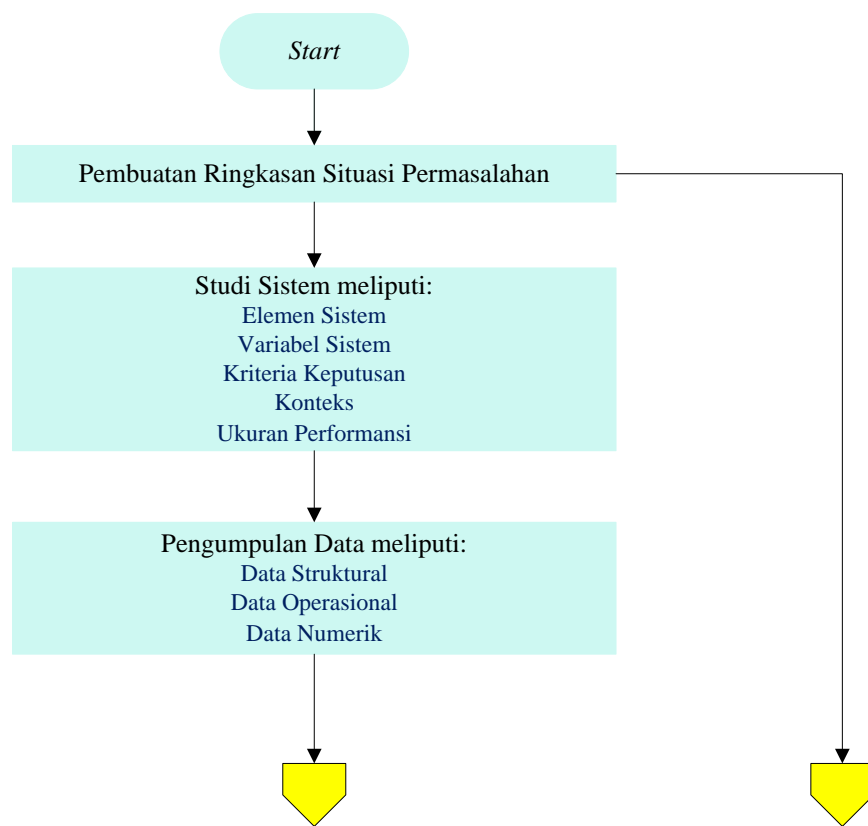


Gambar 2. 8 Peta Perkembangan Penelitian

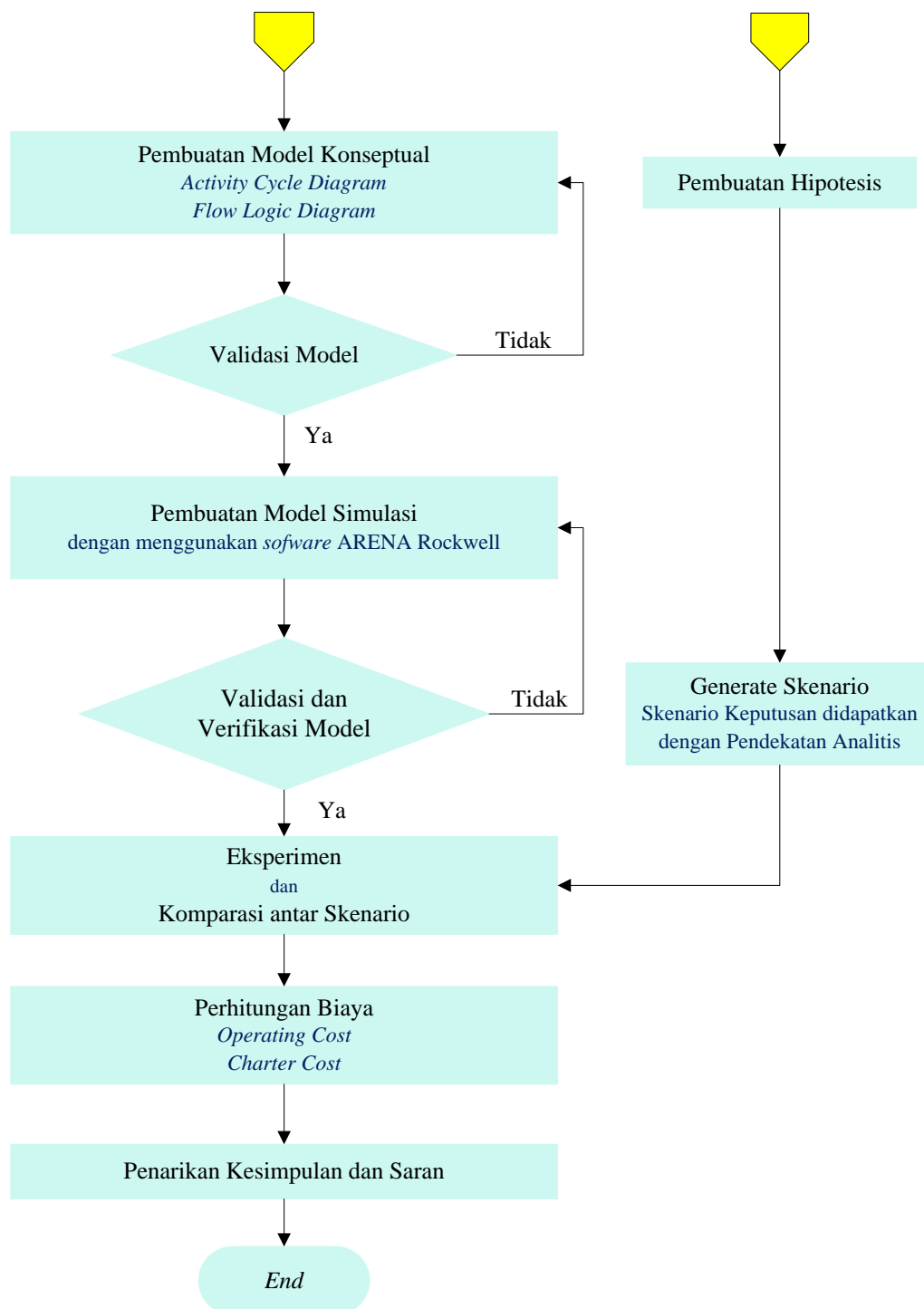
### BAB 3

## METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab metologi penelitian ini akan dipaparkan mengenai langkah-langkah atau tahapan sistematis dalam melakukan penelitian ini. Uraian langkah-langkah sistematis berupa *flowchart* yang akan dijadikan acuan sebagai kerangka penelitian dipaparkan pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.

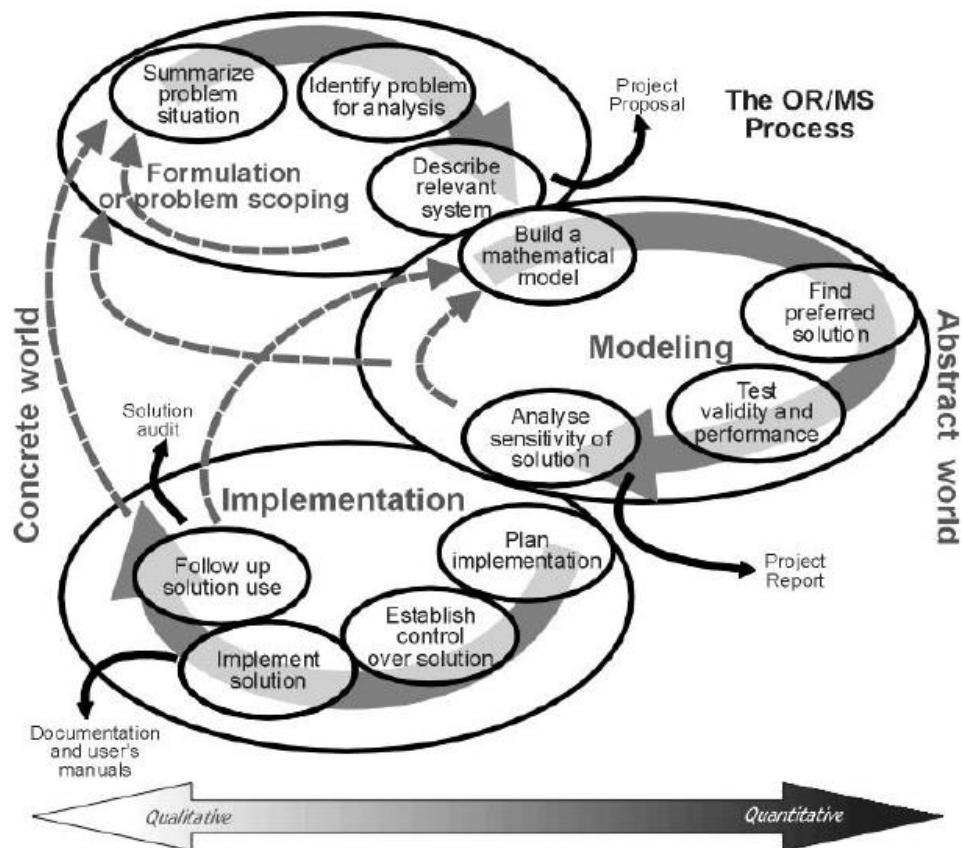


Gambar 3. 1 *Flowchart* Penelitian



Gambar 3. 2 *Flowchart* Penelitian (Lanjutan)





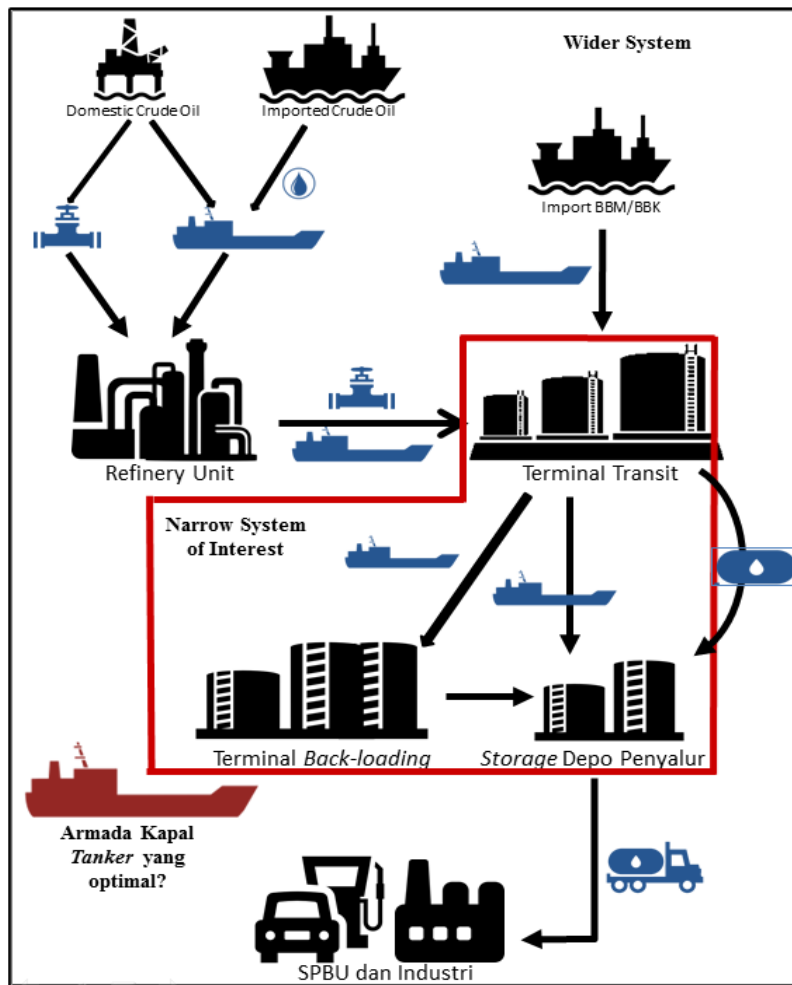
Gambar 3. 3 Tahapan Pemodelan Sistem (Daellenbach & McNickle, 2005)

### 3.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan meliputi ringkasan situasi permasalahan, identifikasi permasalahan, dan deskripsi sistem relevan.

#### 3.1.1 Ringkasan Situasi Permasalahan

Berdasarkan pada Gambar 3.3, tahapan awal pada metodologi yang digunakan adalah membuat ringkasan situasi permasalahan yang diamati.



Gambar 3. 4 Ringkasan Situasi Permasalahan

Langkah kedua setelah memaparkan ringkasan situasi permasalahan adalah mengidentifikasi enam elemen permasalahan. Menurut Daellenbach & McNickle (2005), enam elemen permasalahan meliputi pengambil keputusan, objektif atau tujuan yang ingin dicapai oleh pengambil keputusan, kriteria keputusan, ukuran performansi, alternatif keputusan atau skenario, dan konteks.

1. Objektif Pengambil Keputusan

Objektif pengambil keputusan adalah menjadi *service level* dan meminimasi biaya distribusi.

2. Kriteria Keputusan

Kriteria keputusan dari pengambil keputusan adalah meminimasi *fixed cost* yaitu biaya penyewaan kapal dan meminimasi *variable cost* yaitu biaya perjalanan atau yang disebut biaya operasional distribusi.

### 3. Ukuran Performansi

Evaluasi skenario yang telah ditetapkan didasarkan pada performansi sistem hasil simulasi. Ukuran performansi yang digunakan pada penelitian ini adalah *service level* dan biaya pengiriman meliputi biaya variabel dan biaya tetap. Biaya tetap dihitung berdasarkan biaya sewa kapal yang dikeluarkan. Sedangkan biaya variabel dihitung berdasarkan biaya perjalanan yang meliputi biaya bahan bakar dan biaya pelabuhan.

$$\begin{aligned} \text{Bunker Cost} &= \text{bunker cost for laden \& ballast} \\ &\quad + \text{bunker cost for discharge} \end{aligned}$$

$$\text{Total Biaya Distribusi} = \text{Biaya Sewa Kapal} + \text{Biaya Operasional}$$

Pada permasalahan ini biaya persediaan tidak menjadi ukuran performansi dikarenakan BBM berpindah dari suatu tangki timbun ke tangki timbun lainnya yang masih merupakan milik perusahaan yang sama.

*Service level* dihitung berdasarkan probabilitas suatu siklus tidak mengalami *stockout* dan persentase waktu tersedianya stok.

$$\text{Service level} = 1 - \frac{\text{Days of Stock-Out}}{\text{Jumlah Hari dalam Satu Tahun}} \quad (3.1)$$

### 4. Alternatif Keputusan atau *control input*

Alternatif keputusan pada permasalahan ini adalah jumlah kapal dan kapasitas kapal. Pada tahap ini digunakan pendekatan analitis untuk menentukan skenario dasar dalam mencari jumlah dan kapasitas kapal yang optimal. Pendekatan analitis yang digunakan berdasarkan persamaan berikut:

$$\text{Jumlah Kapal} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (\text{DoT}_{ij} \times \text{RTD}_i)}{\text{Kapasitas Kapal}} \quad (3.2)$$

DoT = *Daily of Take* atau thruput harian

RTD = *Round Day Trip*

m = jumlah produk

n = jumlah depo penyalur

## 5. Konteks

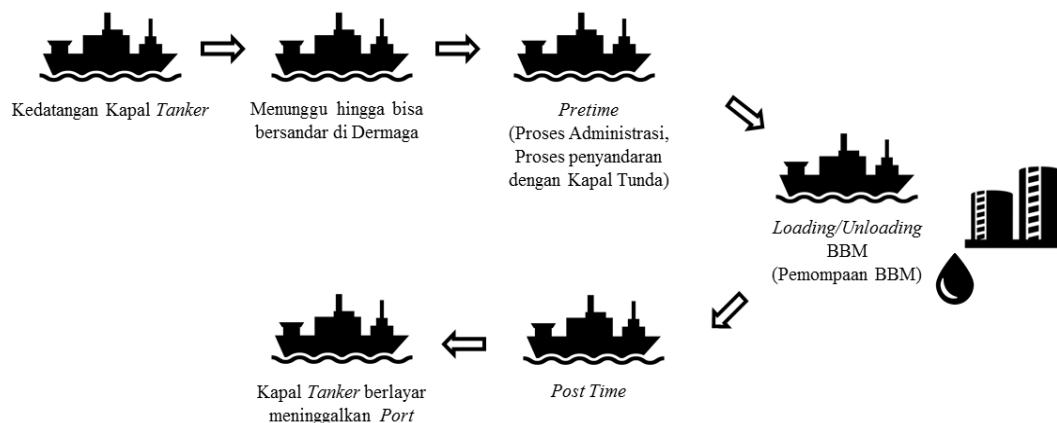
Konteks pada permasalahan ini adalah *thruput* atau permintaan pada setiap produk pada setiap titik depo penyalur (*demand-node*).

### 3.1.2 Elemen Sistem

Menurut Harrel, et al. (2000), elemen sistem dari sudut pandang simulasi terdiri atas empat elemen yaitu entitas, ektivitas, *resource* dan kontrol.

Entitas yang ada pada sistem distribusi BBM melalui jalur laut adalah BBM yang dikirimkan menggunakan kapal. Entitas akan bergerak secara *batch* di dalam bentuk kapal. Namun, dengan menggunakan kapal sebagai entitas akan terlihat perjalanan kapal secara riil.

Aktivitas yang ada pada sistem adalah segala aktivitas yang dilakukan dari kedatangan kapal di depot hingga kapal menyelesaikan kegiatan *unloading* pada depo tujuan. Aktivitas-aktivitas tersebut meliputi kedatangan kapal, *delay* menunggu dermaga *available*, *pre time* di dermaga, proses *loading-unloading*, *post time* dermaga hingga kapal meninggalkan dermaga.



Gambar 3. 5 *Event* Distribusi BBM Jalur Laut

Sedangkan *resource* pada sistem distribusi ini adalah kapal yang digunakan untuk mengangkut BBM. Kapal memiliki spesifikasi-spesifikasi tertentu seperti kapasitas BBM yang dapat diangkut dalam setiap kompartemen atau jenis BBM yang dapat diangkut dalam setiap kompartemen.

Kontrol pada sistem distribusi BBM ini adalah peraturan pengiriman yang dilakukan oleh kapal, pengaturan *loading* jenis BBM ke kapal, dan peraturan *awaiting daylight* terkait *time windows* kapal dapat masuk dalam dermaga. Peraturan penugasan kapal dibagi menjadi dua yaitu, kapal berlayar ke depo penyalur untuk mengirimkan BBM dan kembali ke terminal transit untuk memuat BBM kembali atau kapal berlayar ke depo penyalur lain untuk melakukan pengiriman selanjutnya.

### 3.1.3 Variabel Sistem

Variabel pada sistem dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu variabel keputusan, variabel respon dan variabel status. Variabel keputusan pada sistem ini adalah jumlah armada kapal *tanker* dan kapasitas kompartemen yang ada pada *tanker*.

Tabel 3. 1 Variabel Sistem

Variabel Keputusan	Variabel Respon	Variabel Status
Jumlah Kapal	<i>Service Level</i>	Kondisi Kapal ( <i>idle/busy</i> )
Kapasitas Kompartemen	Tingkat Persediaan	

## 3.2 Tahap Pemodelan

Tahap pemodelan meliputi pembuatan model konseptual berupa *activity cycle diagram* dan *logic flow diagram*, pembuatan model simulasi dengan menggunakan *software* ARENA 14.5, serta verifikasi dan validasi model yang telah dibuat.

### 3.2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh data pada sistem yang ada sehingga dapat diperoleh gambaran dari sistem tersebut. Data yang dibutuhkan dibedakan menjadi tiga, yaitu data struktural, data operasional, dan data numerik. Data struktural adalah data yang dapat menampilkan struktur dari sistem seperti jalur pengiriman, jenis BBM, lokasi depot dan lokasi pengiriman. Data operasional adalah data yang menunjukkan cara sistem bekerja

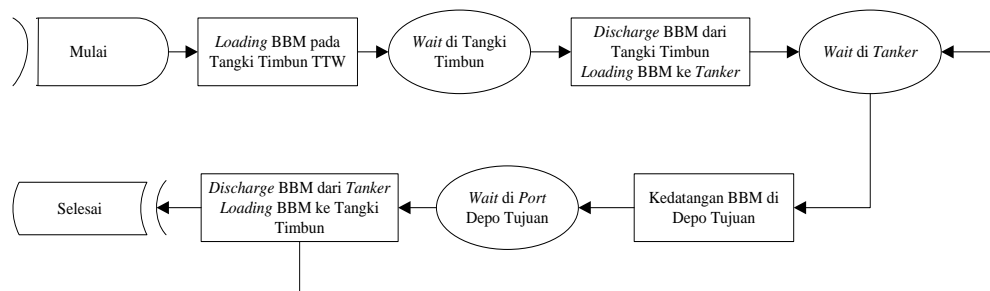
seperti rute pengiriman. Sedangkan data numerik adalah data kuantitatif yang ada pada sistem.

Tabel 3. 2 Data yang Dibutuhkan

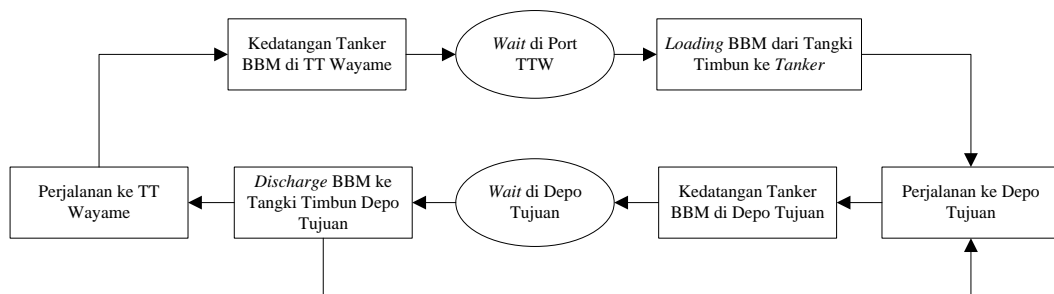
Data Struktural		
General	Terminal Transit	Depo Penyalur
Jalur-jalur Pengiriman	Lokasi Depot	Lokasi Depo Penyalur
Jenis BBM	Dermaga dan <i>Loading Facility</i>	Dermaga dan <i>Loading Facility</i>
Jenis Kapal	Tangki Timbun per Jenis BBM	Tangki Timbun per Jenis BBM
Tangki Timbun	DWT Dermaga Terminal Transit	DWT Dermaga Depo Penyalur
Data Operasional		
General	Terminal Transit	Depo Penyalur
Rute <i>Awaiting Daylight</i>	Kemampuan <i>Loading Time Windows</i> Terminal Transit	Kemampuan <i>Unloading Time Windows</i> Depo Penyalur
Data Numerik		
General	Terminal Transit	Depo Penyalur
Kecepatan Kapal	<i>Supply</i> per periode	<i>Demand</i> per periode
Jarak antar Depo Penyalur dan Terminal Transit	Kapasitas Tangki Timbun per Jenis BBM	Kapasitas Tangki Timbun per Jenis BBM
<i>Round Trip Days</i>	<i>Pre Time</i> dan <i>Post Time</i>	<i>Daily of Take</i>
	<i>Loading Rate</i>	<i>Unloading Rate</i>

### 3.2.2 Pembuatan Model Konseptual

Pada tahap ini dilakukan pembuatan model konseptual. Model konseptual akan ditampilkan dalam bentuk bagan siklus aktivitas (*activity cycle diagram*) dan bagan alur logika (*flow logic diagram*) untuk setiap skenario.



Gambar 3. 6 Activity Cycle Diagram BBM



Gambar 3. 7 Activity Cycle Diagram Tanker Pembuatan Model Simulasi

Setelah model konseptual telah dibuat, tahap selanjutnya adalah membuat model simulasi diskrit dengan menggunakan *software* ARENA. Seusai model tervalidasi dan terverifikasi, maka dibutuhkan perhitungan *warm-up period*. Sistem distribusi merupakan sistem yang berjalan secara terus-menerus, sehingga sistem dapat dikategorikan sebagai *non-terminating condition*. Oleh karena itu, dibutuhkan penentuan durasi *warm-up period* untuk mengeliminasi perilaku yang tidak menggambarkan kondisi dari sistem. Contohnya adalah pada masa awal simulasi, seluruh tangki timbun memiliki persediaan dengan volume sebesar

kapasitas tangki timbun tersebut, hal tersebut menyebabkan frekuensi pengiriman yang dilakukan dari terminal transit ke depo penyalur akan rendah.

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan replikasi untuk mengetahui jumlah replikasi yang dibutuhkan untuk memastikan model sudah cukup untuk merepresentasikan sistem yang ada. Untuk mengetahui jumlah replikasi yang dibutuhkan perlu ditetapkan galat absolut yang digunakan dan perhitungan dilakukan dengan pendekatan rumus *half-width*.

$$hw = e \quad (3.3)$$

$$\frac{t_{(n-1, \frac{\alpha}{2})} \times std}{\sqrt{n}} = e \quad (3.4)$$

### 3.2.3 Validasi dan Verifikasi

Validasi dilakukan dengan membandingkan metrik performansi hasil simulasi dengan sistem nyata. Langkah tersebut dapat dilakukan dengan melakukan uji statistik, seperti uji hipotesis rata-rata dua populasi dan *analysis of variance* dengan hipotesis awal tidak terdapat perbedaan antara metrik performansi. Namun apabila model yang dibuat merupakan perancangan sistem yang baru, maka langkah validasi yang telah disebutkan tidak dapat diterapkan. Untuk mengatasi hal tersebut, maka validasi dilakukan dengan cara memperhatikan alur dari model konseptual yang ada. Jika alur pada model konseptual sesuai dengan kinerja sistem baru yang diinginkan, maka model dapat dikatakan valid.

Verifikasi dilakukan dalam dua tahap. Tahap awal dilakukan untuk memastikan tidak terdapat kesalahan pada saat model simulasi berjalan. Hal tersebut dilakukan dengan cara *debugging*. Tahap kedua dilakukan untuk memastikan logika aliran simulasi sesuai dengan alur logis. Untuk memastikan bahwa logika aliran simulasi sesuai dengan alur logis, proses simulasi dapat diamati dengan menggunakan pergerakan animasi atau pergantian nilai variabel yang ada.



### **3.3 Tahap Analisis**

Pada tahap analisis ini, akan dipaparkan mengenai eksperimen yang akan dilakukan, analisis komparasi skenario, dan penarikan kesimpulan.

#### *3.3.1 Eksperimen*

Apabila model simulasi telah tervalidasi dan terverifikasi, maka eksperimen skenario-skenario dapat dilakukan. Skenario akan diuji satu per satu pada model simulasi untuk mengetahui *output* berupa variabel respon dari masing-masing skenario. Dari pengujian yang dilakukan pada setiap skenario, diharapkan biaya yang lebih rendah untuk setiap keputusan jumlah kapal namun tetap menjaga tingkat pelayanan (*service level*).

#### *3.3.2 Analisis Komparasi Skenario*

Berdasarkan pengujian skenario yang telah ditentukan, dilakukan uji hipotesis dua rata-rata dan *analysis of variance* untuk menguji adanya faktor atau kombinasi faktor signifikan yang mempengaruhi *output*. Untuk mendapatkan kesimpulan pada perbandingan hasil skenario, dilakukan uji hipotesis. Apabila telah diketahui faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap performansi sistem, dilakukan uji sensitivitas untuk mengetahui batasan kondisi yang akan mengubah keputusan.

#### *3.3.3 Penarikan Kesimpulan*

Pada tahap ini, dilakukan penarikan kesimpulan mengenai penelitian serta saran-saran yang dapat diberikan untuk penelitian terkait selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan.

## BAB 4

### PENGEMBANGAN MODEL

Pada bab pengembangan model ini akan dipaparkan data-data serta tahapan-tahapan pengembangan model distribusi BBM di Indonesia Timur dan analisis model. Selain itu, dilakukan pula identifikasi terkait karakteristik distribusi BBM melalui transportasi laut.

#### 4.1 Pengumpulan Data

Data-data digunakan dalam pembuatan model konseptual dan model simulasi dari distribusi BBM melalui transportasi laut. Data dibedakan menjadi tiga jenis yaitu data struktural, data operasional, dan data numerik.

##### 4.1.1 Pelabuhan atau Depo

Pada distribusi BBM di Indonesia Timur, terdapat 20 *demand node* (depot) yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Depot Distribusi BBM Indonesia Timur

Pelabuhan atau dermaga merupakan fasilitas yang dimiliki oleh depo penyalur sebagai fasilitas pendukung bongkar muat BBM yang diangkut oleh *tanker*. Dermaga memiliki batasan-batasan atau karakteristi tertentu yang harus dipertimbangkan. Salah satunya adalah tonase bobot mati atau *dead weight tonnage* (DWT). Yang dimaksud dengan *dead weight tonnage* adalah kapasitas kapal yang dapat bersandar di dermaga tanpa merusak fasilitas dermaga, apabila kapasitas kapal yang bersandar melebihi kapasitas tersebut maka akan menimbulkan potensi rusaknya dermaga.

Selain batasan tonase bobot mati (*dead weight tonnage*), dermaga sebagai fasilitas bongkar muat BBM memiliki batasan yang disebut *awaiting daylight*. Pelabuhan tidak dapat dimasuki jika waktu setempat sudah melewati jam operasional berlaku sehingga apabila kapal tiba di luar jam operasional, maka kapal harus menunggu untuk bersandar di luar pelabuhan hingga keesokan harinya hingga masuk pada jam operasional untuk bisa bersandar.

#### 4.1.2 Elemen Biaya Distribusi

Elemen biaya distribusi dibutuhkan untuk perhitungan biaya distribusi total. Biaya distribusi total akan menjadi parameter evaluasi dalam menentukan skenario terbaik. Elemen biaya yang digunakan pada penelitian ini meliputi biaya tetap dan biaya operasi atau variabel. Biaya tetap meliputi biaya sewa kapal dan biaya operasional meliputi biaya bahan bakar (*bunker cost*) dan biaya pelabuhan (*port charges*).

Tabel 4. 1 Biaya pada Sistem *Charter*

Pemilik Kapal	Penyewa Kapal
Asuransi	<i>Charter cost</i>
Gaji Nahkoda dan ABK	<i>Bunker cost</i>
Survei	<i>Port Charge</i>
Beban Depresiasi	<i>Stevedoring</i>
	<i>Ballast</i>

Penyewa bertanggung jawab atas biaya tambahan keterlambatan bongkar/muat dari kapal atau yang sering disebut dengan *demurrage cost*. Namun

pada penelitian ini, kapal disewa dengan skema *time charter*, sehingga tidak terdapat *demurrage cost*.

Tabel 4. 2 Tarif Dasar Jasa Pelayanan Pelabuhan

Jenis Jasa	Tarif (Rp)	Satuan
Jasa Labuh Kapal	82	per GT/Kunjungan
Jasa Tambat Dermaga	182	per GT/Etmal
Pemanduan	293.750	per Kapal
Jasa Tunda		
0 - 3500 GT	918.750	Tarif Tetap
3501 - 8000 GT	1.635.750	Tarif Tetap

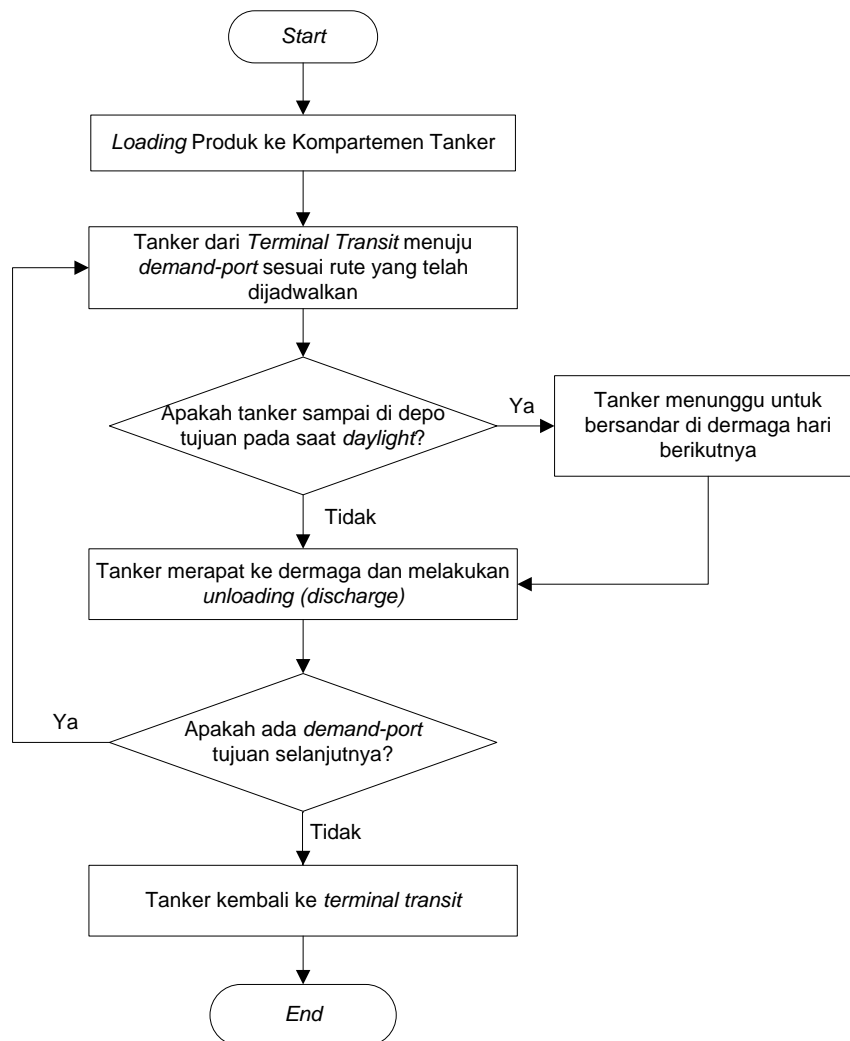
(Sumber: Pelindo, 2014)

Tabel 4. 3 Tarif Jasa Pelayanan Pelabuhan

Jenis Jasa	Tarif (Rp)		
	1100 DWT	3500 DWT	6500 DWT
Jasa Labuh Kapal	131.200	344.400	574.000
Jasa Tambat Dermaga	291.200	764.400	1.274.000
Pemanduan	293.750	293.750	293.750
Jasa Tunda	918.750	918.750	1.635.750

## 4.2 Model Konseptual

Pada sub-bab ini akan dijelaskan mengenai model konseptual dan logika dasar dalam pembuatan model simulasi.

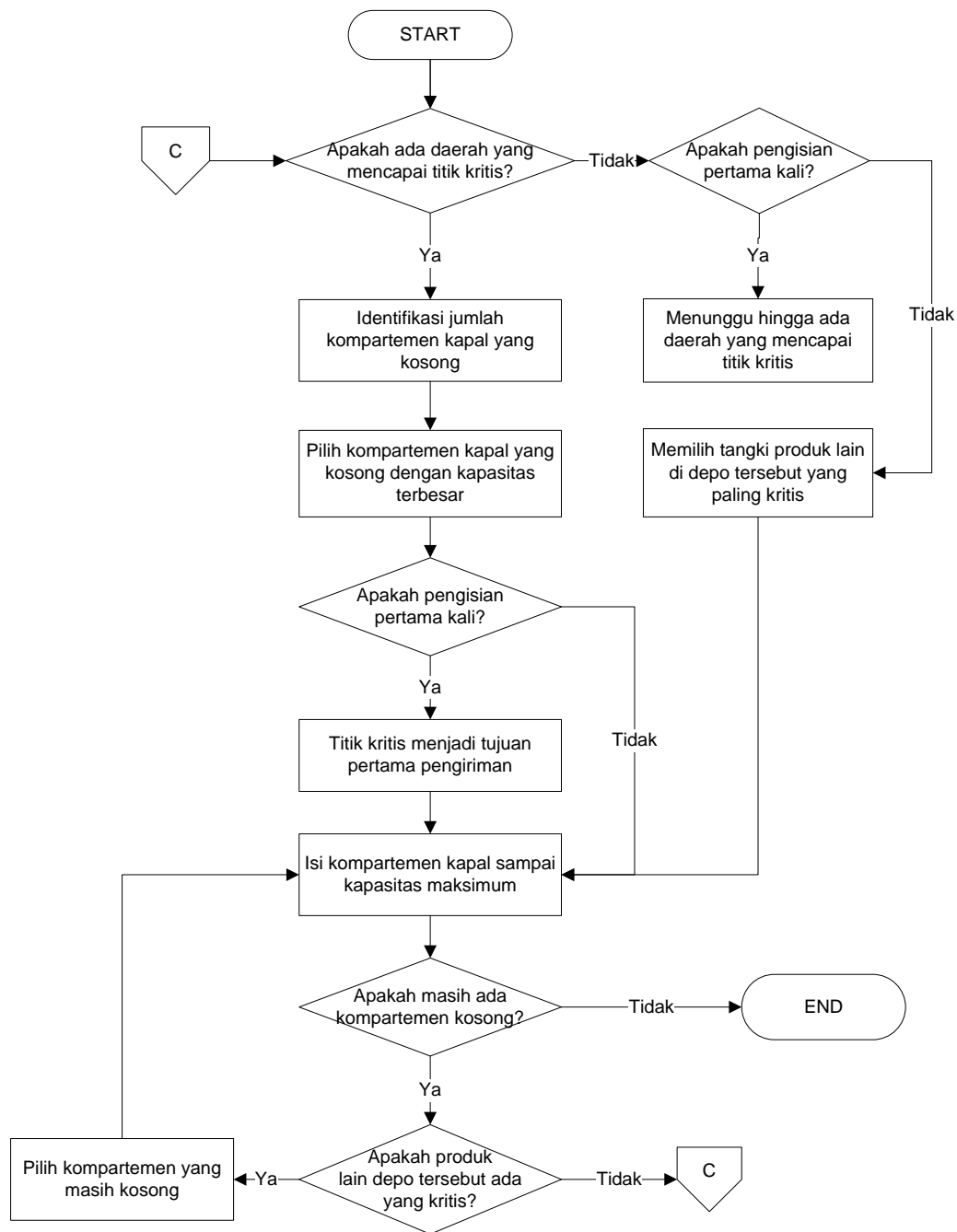


Gambar 4. 2 Diagram Alir *Routing* Tanker

Gambar 4.2 merupakan diagram alir dari *routing* tanker dari Terminal Transit menuju *demand-ports* hingga kembali menuju Terminal Transit. Ketika tanker tiba di Terminal Transit maka telah ditentukan titik depo yang kritis dan dilakukan pula evaluasi terhadap titik-titik depo lainnya yang berada pada *cluster* yang sama. Selain itu, sebelum tanker merapat pada dermaga terdapat *Pre-time*,

Tahap *pretime* mengacu pada serangkaian kegiatan yang dilakukan sebelum tanker dapat bersandar di dermaga seperti persiapan *port*, termasuk menunggu kapal pandu dan kapal tunda, survei *draft* kapal dan dermaga, pengolahan dokumen administrasi, dan persiapan peralatan *loading (pump)*. Namun sebelum dapat melakukan *pre-time* harus dilakukan pengecekan terhadap jam operasional dermaga. Apabila tanker tiba di luar jam operasional maka tanker harus menunggu di perairan hingga masuk jam operasional kembali. Langkah selanjutnya adalah proses *loading* BBM dari *pipeline* yang menghubungkan tangki timbun di Terminal Transit ke kompartemen tanker. Pada kondisi ini, mesin utama tanker dalam keadaan mati sehingga *bunker cost* tidak diperhitungkan.

Seusai pengisian BBM ke kompartemen-kompartemen tanker, terdapat *post time* yaitu waktu yang dibutuhkan untuk tanker menjauhi dermaga dan mengikuti kapal pandu. Selanjutnya tanker akan berangkat menuju titik tujuan utama untuk mengirimkan produk. Sama halnya dengan kedatangan tanker pada Terminal Transit, jika tanker tiba di luar jam operasional maka tanker harus menunggu di perairan hingga masuk jam operasional kembali. Proses *discharge* BBM dari tanker ke tangki timbun depo tujuan dilakukan dengan pompa yang dimiliki oleh kapal. *Post-time* dilakukan kembali jika tanker telah menyelesaikan penugasan. Tanker akan kembali ke Terminal Transit apabila tidak memiliki tujuan lainnya. Namun, jika terdapat tujuan lainnya maka tanker harus memenuhi seluruh penugasan untuk akhirnya kembali ke Terminal Transit.



Gambar 4. 3 Diagram Alir Logika Pengisian Kompartemen dan Penentuan Tujuan

Model konseptual dibuat menggunakan *logic flow diagram* atau diagram alir logika seperti yang terlihat pada Gambar 4.3.

1. Identifikasi titik kritis dari 21 depo penyalur. Langkah awal mengevaluasi *stock* setiap produk pada setiap depo penyalur dengan membandingkan



titik *on stock* produk dengan nilai *reorder point*. Nilai *reorder point* setiap produk di setiap depo didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut:

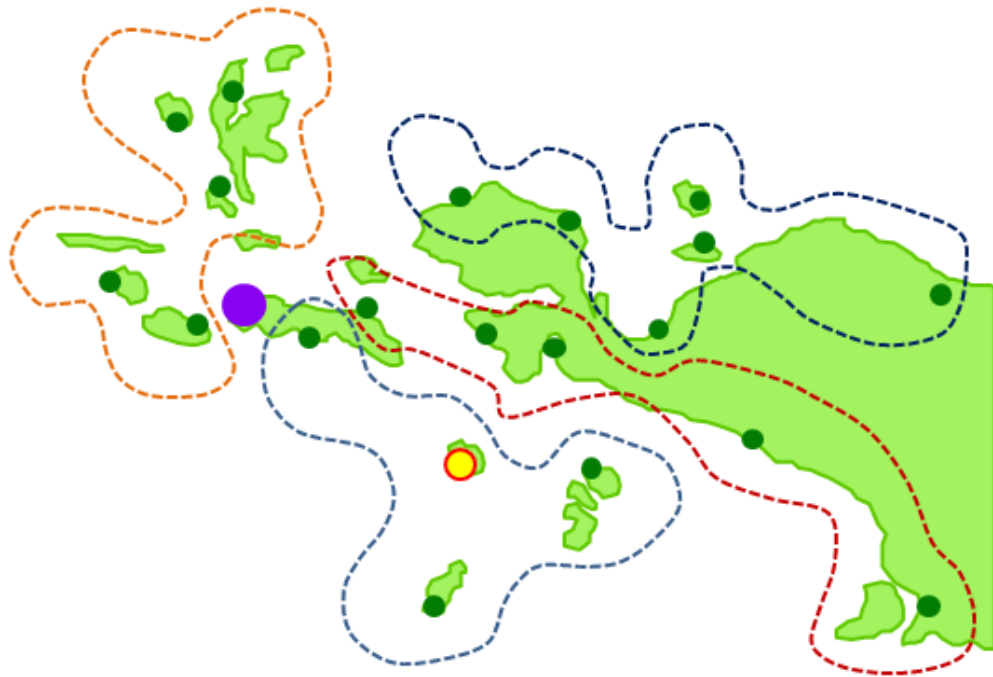
$$ROP = CD \times D \quad (4.1)$$

$$ROP = LT \times D + (Z \times \sigma_D \times \sqrt{LT}) \quad (4.2)$$

Persamaan 4.1 adalah titik kritis yang digunakan, sedangkan untuk mengakomodasi ketidakpastian *demand* atau *daily of take*, maka dipergunakan perhitungan dengan Persamaan 4.2. Apabila suatu tangki produk di suatu depo sudah mencapai titik *reorder point*, maka titik atau depo tersebut akan menjadi tujuan utama. Selanjutnya apabila kompartemen tanker masih bisa memuat bahan bakar minyak, maka dilakukan evaluasi kembali untuk mencari titik kritis lainnya yang berada di sekitar titik kritis utama, hal ini dikarenakan tanker tidak diperkenankan untuk berlayar apabila masih terdapat kompartemen yang belum penuh (*deadfreight*). Titik kritis ini akan menjadi tujuan awal pemberangkatan tanker.

2. Evaluasi ketersediaan tanker yang sedang menuju Terminal Transit, apabila kapasitas tanker lebih besar dari kuantitas produk yang dikirim ke tujuan awal maka akan dilakukan evaluasi selanjutnya pada titik kritis lainnya yang berada satu kluster dengan tujuan awal dengan mempertimbangkan kesesuaian kapasitas kapal dengan kapasitas dermaga tujuan. Penentuan titik kritis dari depo penyalur dilakukan dengan mengitung ketahanan *stock* dari *stock* pada hari ke-i dibagi dengan *daily of take* (DOT) produk tersebut di masing-masing depo penyalur, yaitu *stock to demand ratio* (SDR). Depo penyalur yang memiliki SDR terkecil maka akan menjadi tujuan berikutnya.

$$SDR = \frac{\text{Stock on hand inventory} + \text{Intransit inventory}}{\text{Daily of take} \times \text{lead time}} \quad (4.3)$$



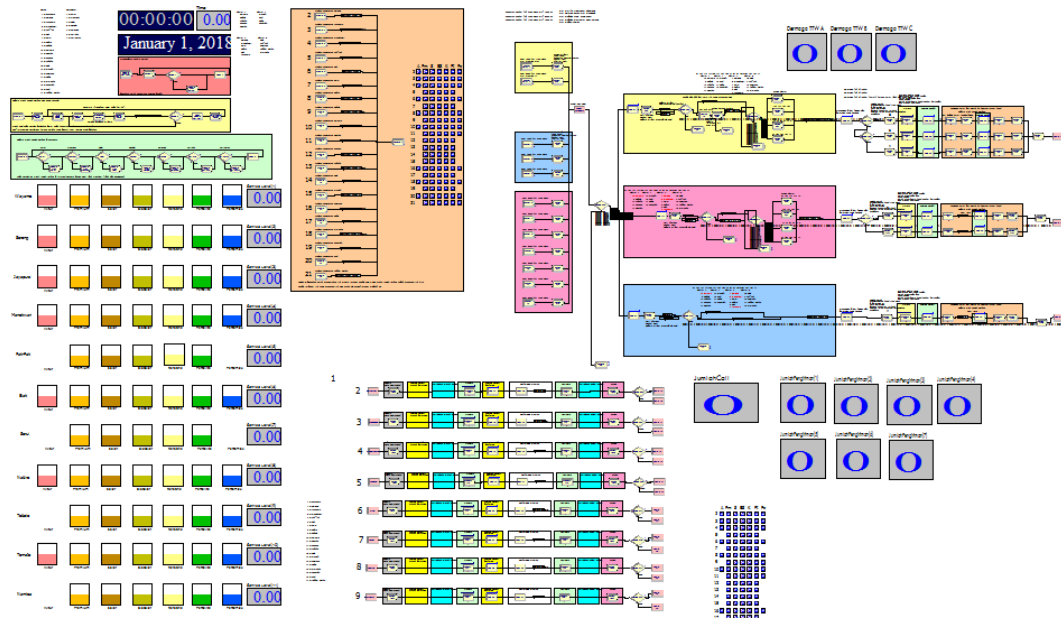
Gambar 4. 4 Pembagian *Cluster*

3. Proses pengisian BBM ke kompartemen tanker dengan produk BBM sesuai dengan titik kritis yang telah ditemukan sebelumnya hingga mencapai kapasitas maksimum. Biaya pencucian kompartemen yang disebabkan oleh pengisian produk yang berbeda pada perjalanan sebelumnya diabaikan.
4. Jika terdapat kompartemen tanker yang masih kosong maka dilakukan pencarian kembali titik kritis lainnya pada titik depo yang sama atau titik depo lainnya yang berada pada *cluster* yang sama.
5. Apabila tidak terdapat kompartemen yang masih kosong, maka tanker dapat diberangkatkan menuju depo tujuan (*demand-port*) sesuai yang ditentukan sebelumnya.

#### 4.3 Perancangan Model Simulasi

Model simulasi terdiri beberapa submodel yaitu submodel jam operasional, submodel *daily of take* dan perhitungan *stock out days*, submodel

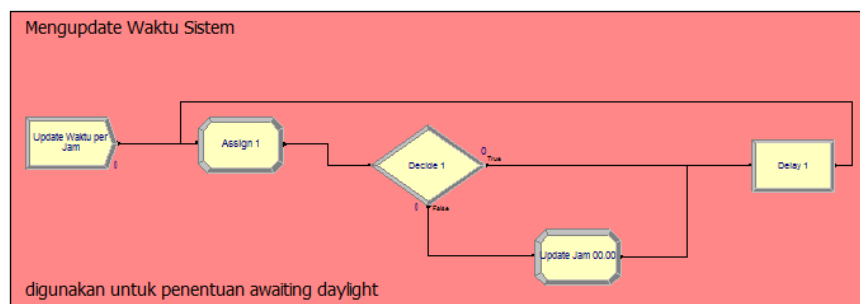
evaluasi tangki timbun dengan ROP, submodel terminal transit dan submodel *demand-port*.



Gambar 4. 5 Model Simulasi

#### 4.3.1 Submodel Jam Operasional

Submodel jam operasional bertujuan untuk mengatur waktu pada simulasi. Submodel ini dibutuhkan dikarenakan adanya *awaiting daylight* atau jam operasional.



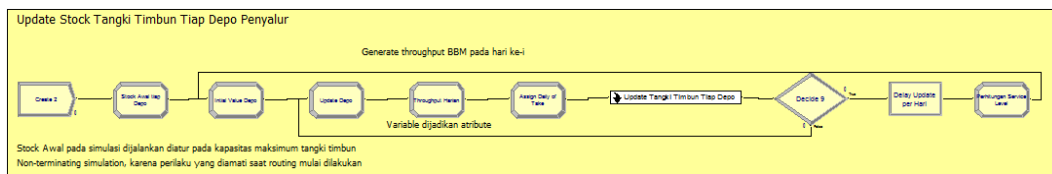
Gambar 4. 6 Submodel Jam Operasional

Pada modul *create*, satu entitas akan keluar untuk mengupdate nilai “jam” pada proses simulasi, setiap entitas melalui modul Assign 1, maka jam akan bertambah satu satuan, apabila jam telah mencapai pukul 24.00, maka jam akan

diperbarui kembali ke pukul 00.00. Selain menggunakan submodel ini, dapat digunakan pula CalHour(TNOW) untuk mengevaluasi *awaiting daylight* pada depo.

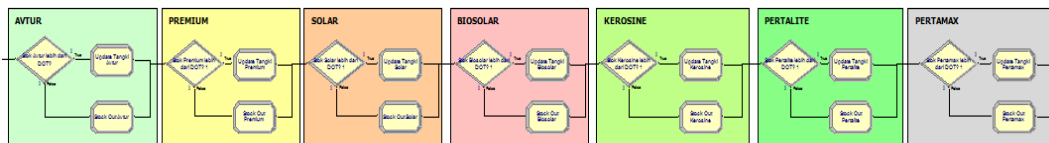
#### 4.3.2 Submodel Daily of Take dan Perhitungan Stock Out Days

Submodel DOT digunakan untuk mengambil BBM dari tangki timbun setiap depo sebagai konsumsi harian dari wilayah *demand*. Pada kasus ini, *demand* di setiap wilayah bersifat stokastik.

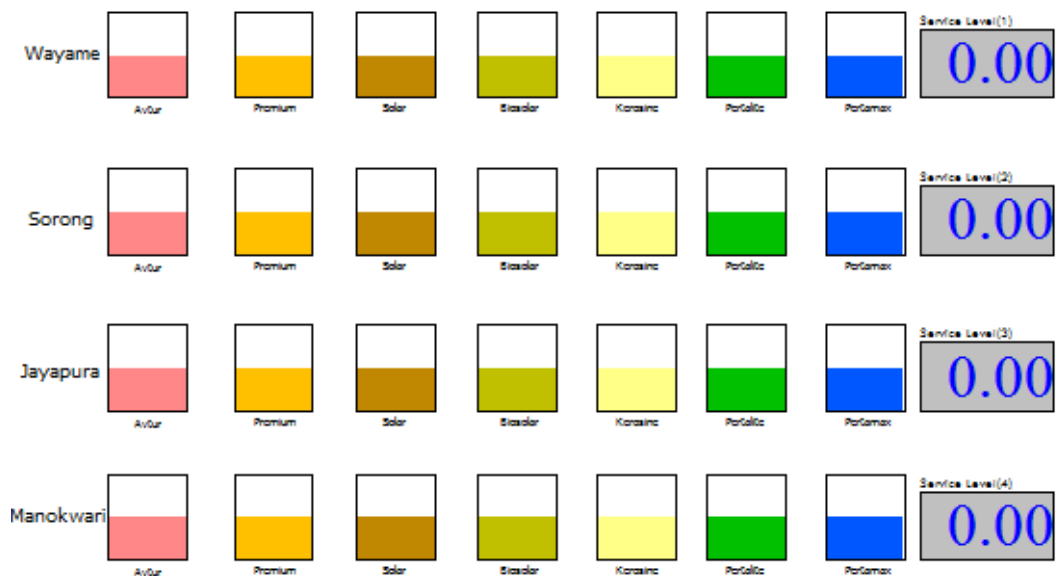


Gambar 4. 7 Submodel DOT dan Perhitungan SOD

*Throughput* atau *Daily of Take* dari setiap wilayah *demand* untuk setiap produk telah ditetapkan menjadi variabel pada submodel ini yang kemudian akan dijadikan atribut pada saat entitas berjalan untuk melakukan perhitungan *stock on hand*. Perhitungan *stock on hand* semua produk di setiap depo akan dilakukan setiap 24 jam.

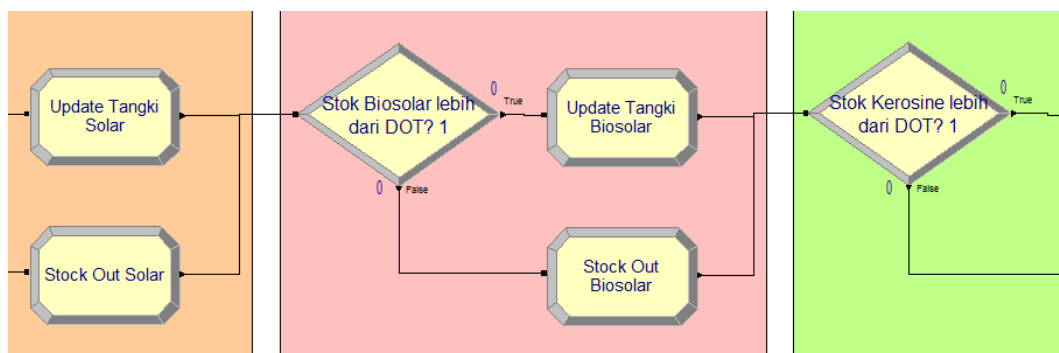


Gambar 4. 8 Sub-submodel DOT dan SOD

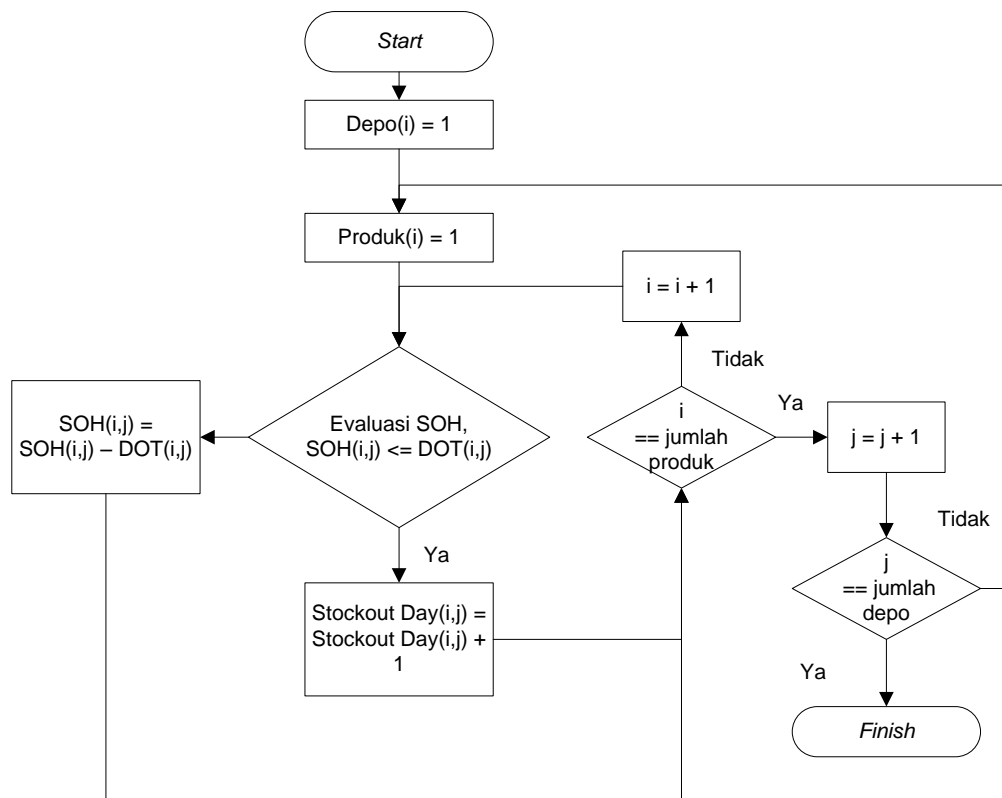


Gambar 4. 9 Animasi Status Tangki Timbun Setiap Depo

Pada sub-submodel *update stock on hand* di tangki timbun, dilakukan pengurangan level dari stok BBM di tangki timbun satu hari sebelumnya dengan *daily of take*. Namun jika stok BBM di tangki timbun lebih rendah dibandingkan dengan nilai *stock on hand*, maka entitas akan melewati modul *Assign Stock Out Days* untuk menghitung *stock out days* secara akumulatif sepanjang simulasi berjalan untuk mendapatkan nilai *service level*. (Gambar 4.10).



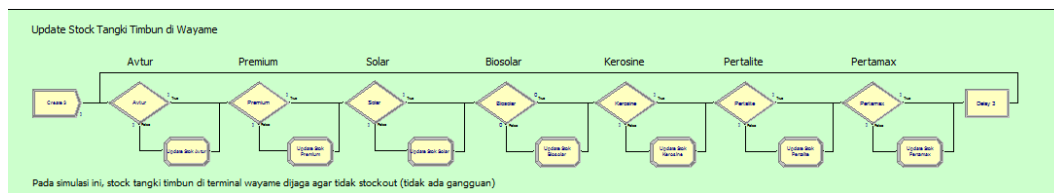
Gambar 4. 10 *Update* Stok BBM dan Perhitungan SOD



Gambar 4. 11 Logika *Update Nilai Stock On Hand*

#### 4.3.3 Submodel Evaluasi Tangki Timbun Terminal Transit

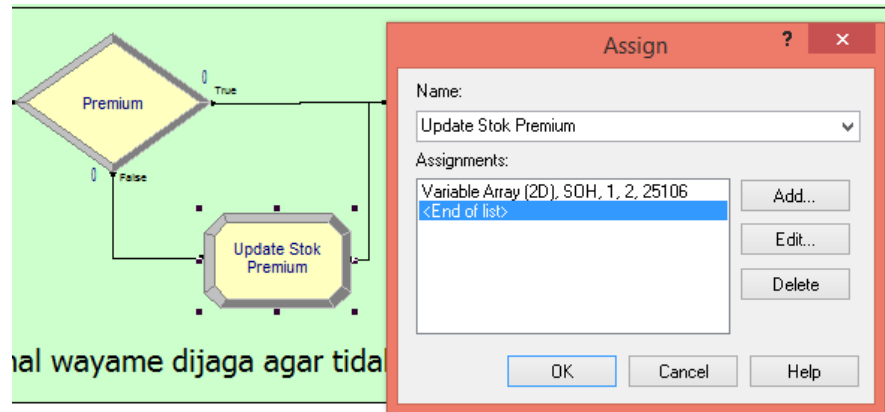
Submodel ini digunakan untuk menjaga agar stok BBM pada *supply-port* yaitu Terminal Transit Wayame tetap tersedia dan tidak *stock out*.



Gambar 4. 12 Submodel Evaluasi Tangki Timbun Terminal Transit

Pada submodel ini, setiap tangki timbun pada Terminal Transit Wayame akan dievaluasi setiap 24 jam untuk melakukan pengecekan apabila stok BBM untuk setiap produk pada tangki timbun sudah mencapai 30% dari kapasitas tangki timbun. Jika stok BBM pada tangki timbun Terminal Transit Wayame telah

mencapai 30% atau kurang dari 30%, maka akan dilakukan *update* level stok Tangki Timbun menjadi kapasitas maksimum (Gambar 4.13).

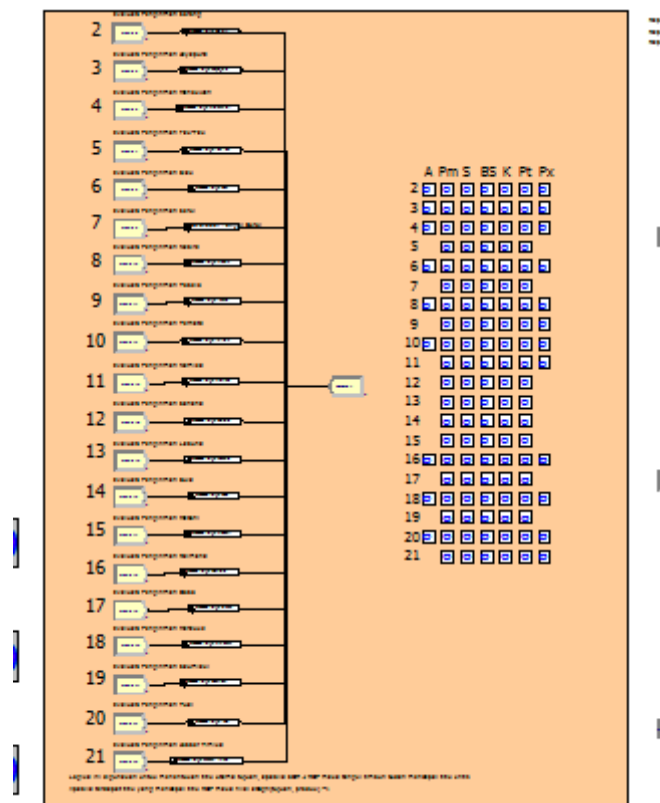


Gambar 4. 13 *Update* Level Stok pada Tangki Timbun Terminal Transit

#### 4.3.4 Submodel Evaluasi Tangki Timbun dengan ROP

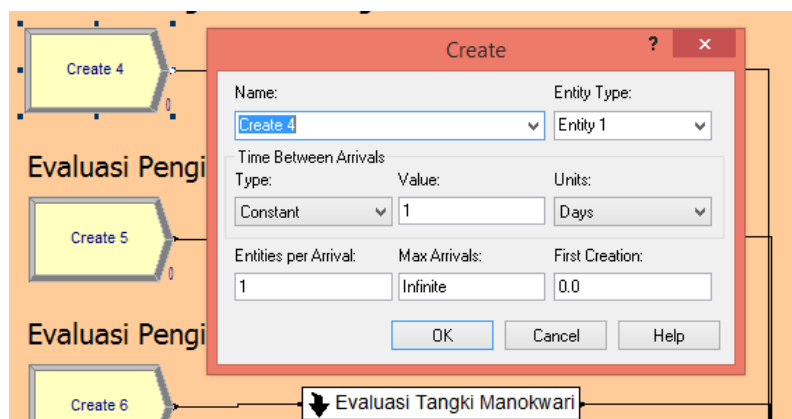
Submodel evaluasi tangki timbun setiap depo digunakan untuk menentukan titik *demand-port* yang membutuhkan *supply* BBM. Jika suatu tangki timbun BBM pada *demand-port* telah melewati ROP (*Reorder Point*), maka akan muncul sinyal berupa variabel untuk menandakan bahwa suatu produk pada suatu *demand-port* membutuhkan *supply* dari Terminal Transit.

Pada kondisi permintaan bersifat stokhastik dan *lead time* bersifat deterministik. Jika rata-rata permintaan per hari adalah  $D$  dan durasi pengiriman (*lead time*) adalah  $LT$ , maka *reorder point* akan memicu permintaan pengiriman bahan bakar ke *demand port* dari *supply port*.



Gambar 4. 14 Submodel Evaluasi Tangki Timbun dengan ROP

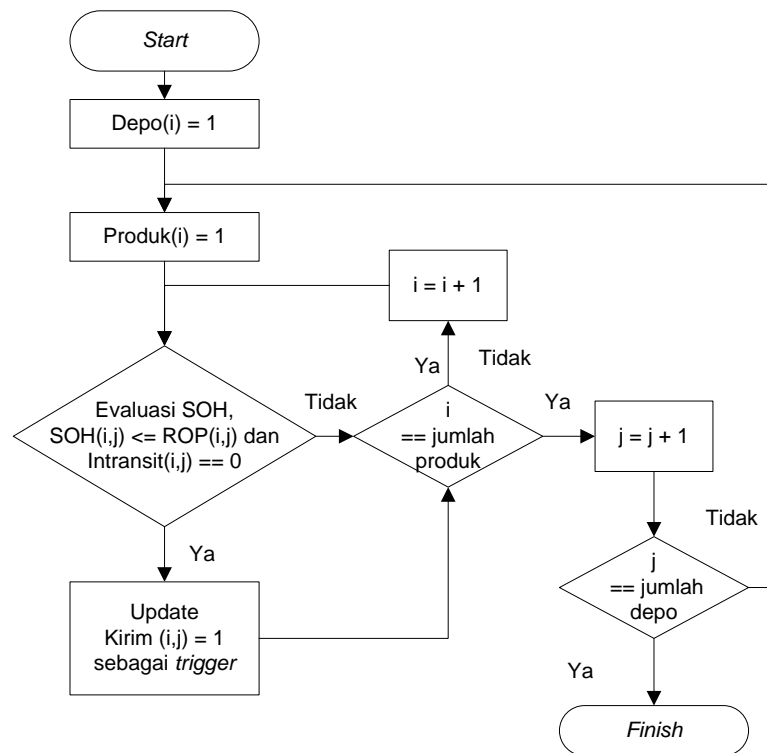
Satu entitas akan keluar dari modul *Create* setiap 24 jam atau 1 hari untuk melakukan evaluasi pada tangki timbun di setiap *demand-port* (Gambar 4.14).



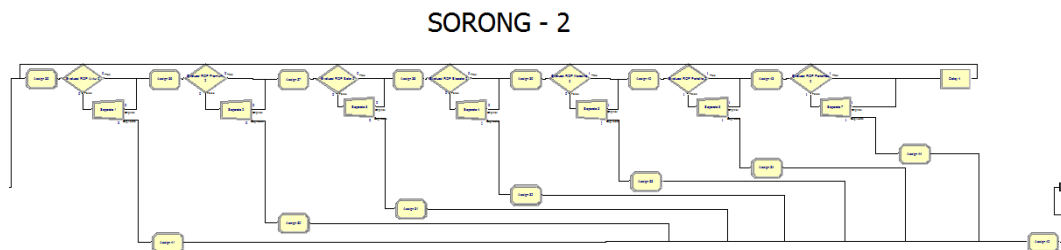
Gambar 4. 15 Entitas untuk Evaluasi Tangki Timbun



Apabila *stock on hand* pada tangki timbun produk A di *demand-port i*, sama dengan atau kurang ROP produk tersebut pada *demand port i*, maka entitas akan mengupdate variabel kirim(depo,produk) = 1, untuk menandakan bahwa dibutuhkan *supply*.



Gambar 4. 16 Logika Sinyal Pengiriman

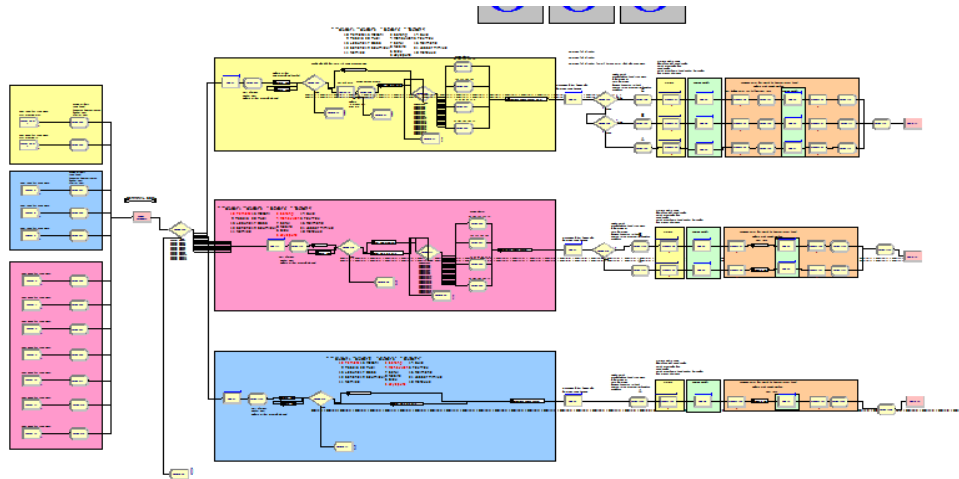


Gambar 4. 17 Evaluasi Stok Tangki Timbun

#### 4.3.5 Submodel Terminal Bahan Bakar Minyak

Submodel terminal bahan bakar minyak atau titik suplai terdiri atas beberapa sub-sub model, yaitu *create tanker*, evaluasi titik kritis, penentuan tujuan

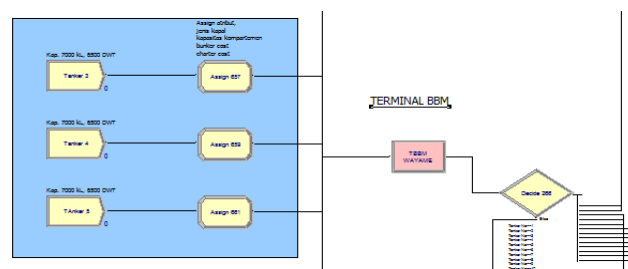
tanker, pengisian kompartemen tanker, dan proses *pre-time* hingga *post-time* tanker.



Gambar 4. 18 Submodel Terminal Bahan Bakar Minyak

#### 1. Kedatangan tanker pada dermaga TBBM

*Create* tanker didasarkan pada jumlah tanker yang ada, satu *create* mewakili satu tanker. Modul Assign digunakan untuk memberikan atribut pada tanker seperti jumlah kompartemen, kapasitas kompartemen, jenis kapal, biaya sewa, dan *bunker cost*.

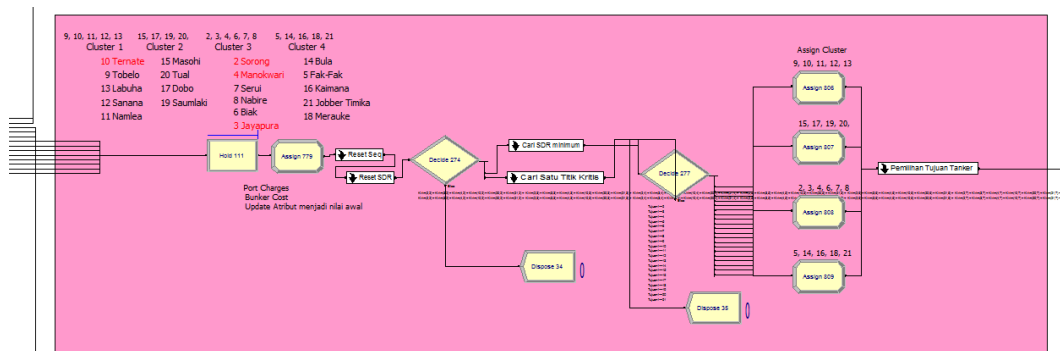


Gambar 4. 19 *Create Tanker*

Inisiasi Tanker pada model akan dimulai dari Terminal Bahan Bakar Minyak Wayame atau Terminal Tarsnit Wayame dengan waktu awal kedatangan yang berbeda-beda untuk setiap tankernya. Tanker akan diklasifikasikan berdasarkan kapasitas tanker yang produk yang dapat diangkut oleh tanker. Pada

sistem distribusi BBM produk avtur diangkut dengan tanker yang berbeda dengan produk minyak lainnya. Hal tersebut disebabkan oleh *flashing point* yang berbeda dengan produk lainnya (*harzardeous*). Oleh karena itu produk avtur akan diangkut oleh tanker yang bersifat *dedicated* terhadap produk avtur.

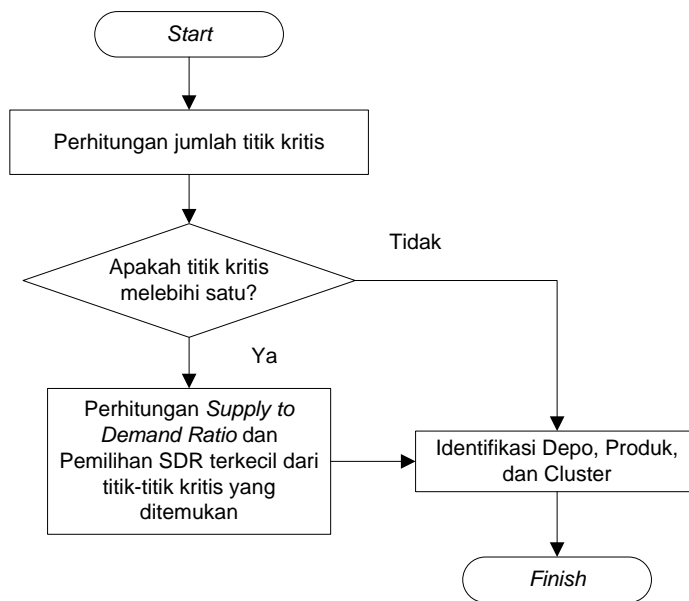
Sedangkan untuk pengangkutan produk lainnya, digunakan tanker yang memiliki beberapa kompartemen, setiap kompartemen dapat membawa produk yang berbeda dengan kompartemen lainnya. Pada model ini, kompartemen bersifat *undedicated* terhadap produk, dengan kata lain bahwa sebuah kompartemen dapat mengangkut produk yang berbeda pada pengangkutan setelahnya. Sebuah kompartemen yang sebelumnya diisi oleh pertalite dapat diisi oleh produk selain pertalite pada perjalanan selanjutnya setelah dilakukan flushing pada kompartemen. Elemen biaya pencucian kompartemen diabaikan pada pembuatan model simulasi ini.



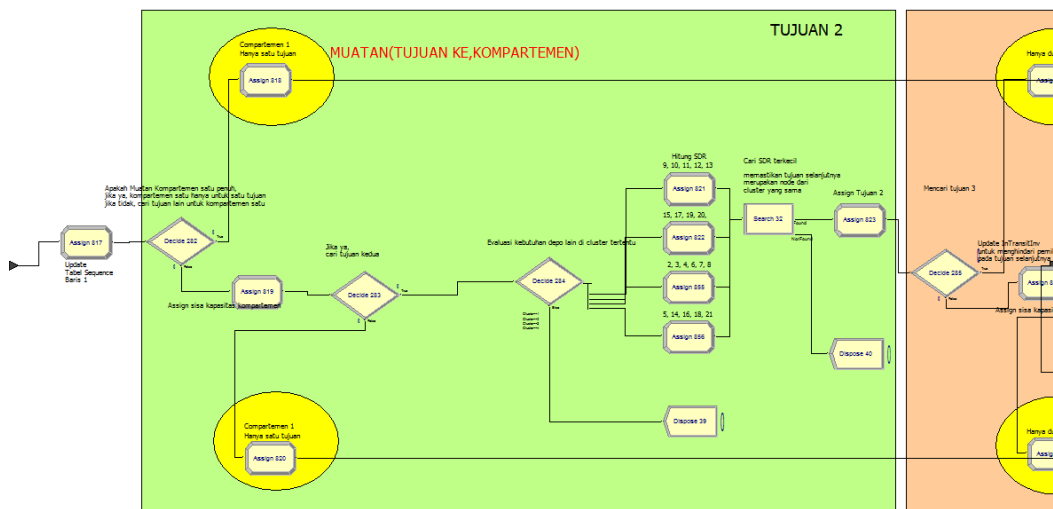
Gambar 4. 20 Logika Pemilihan Titik Kritis

## 2. Pencarian titik kritis

Pada saat satu atau lebih produk di suatu depo memicu sinyal pengiriman, maka entitas tanker akan jumlah titik kritis yang terjadi. Jika hanya terhadap satu titik kritis maka titik kritis tersebut yang dipilih menjadi tujuan utama, namun jika terdapat lebih dari satu titik kritis maka akan dilakukan evaluasi untuk menghitung *stock-to-demand ratio* (SDR) terendah dari titik-titik kritis tersebut.



Gambar 4. 21 Logika Pencarian Titik Kritis Utama



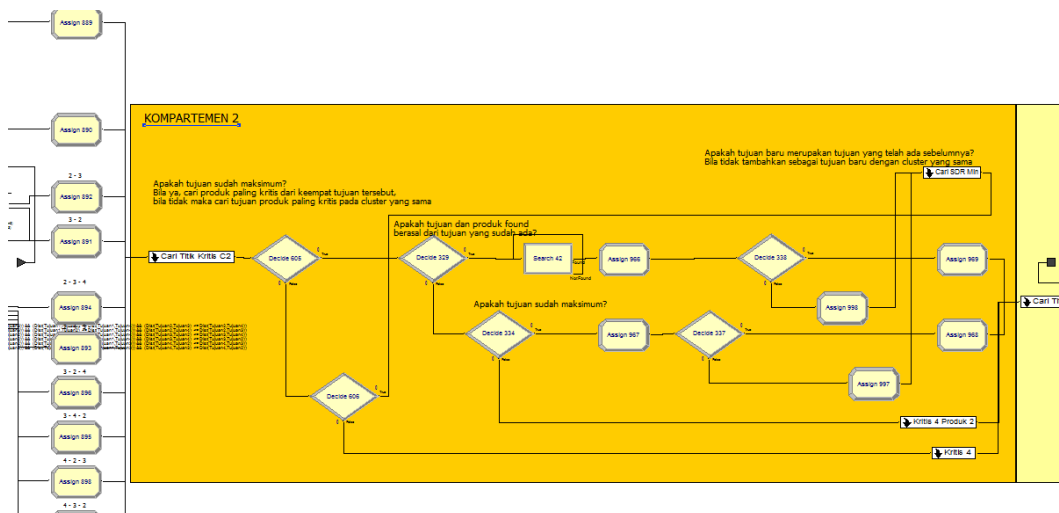
Gambar 4. 22 Logika Pemilihan Tujuan dan Pengisian Kompartemen

### 3. Penentuan tujuan dan alokasi volume yang dikirim

Satu titik kritis telah ditentukan, maka dilakukan evaluasi kebutuhan volume pengiriman dengan sisa kapasitas kompartemen tanker (*ullage*). Apabila jumlah kebutuhan volume pengiriman lebih dari kapasitas kompartemen tanker maka jumlah yang akan dikirim adalah sisa kapasitas kompartemen tanker. Namun apabila kebutuhan volume pengiriman

bernilai kurang dari *ullage* kompartemen tanker, maka jumlah yang akan dikirim adalah volume kebutuhan. Selanjutnya dilakukan perhitungan sisa volume yang tersedia di kompartemen, jika masih terdapa *ullage* pada kompartemen tanker, dilakukan pencarian titik kritis lainnya pada depo-depo yang berada di cluster yang sama dengan tujuan utama. Pencarian titik kritis menggunakan nilai SDR, depo dan produk yang memiliki SDR terendah maka akan terpilih. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan jarak dari setiap depo tujuan dengan tujuan agar tidak terdapat *back-tracking* pada saat perjalanan.

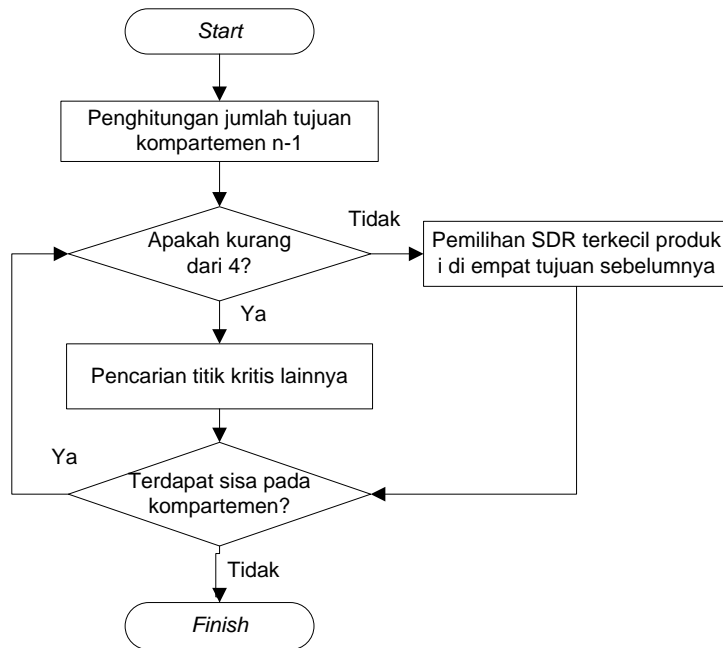
$$\text{Jumlah Pengiriman} = \text{Tank Capacity} - (\text{Stock On Hand} + \text{InTransit Inventory}) \quad (4.4)$$



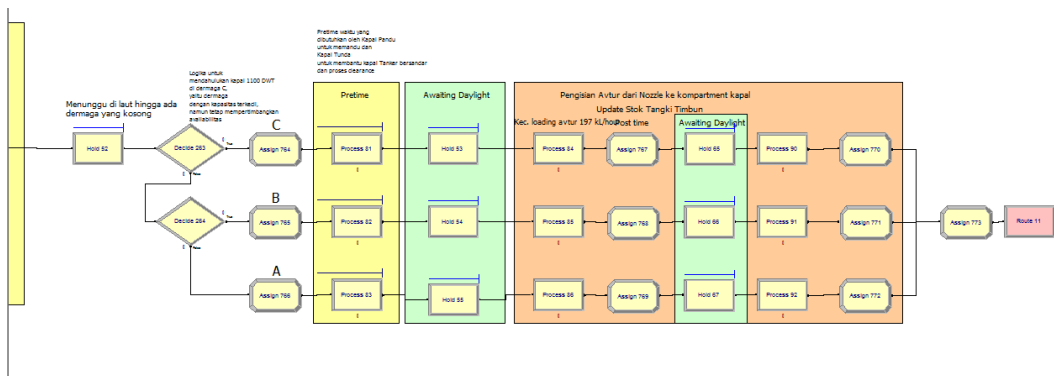
Gambar 4. 23 Pemilihan Tujuan dan Produk pada Kompartemen 2 dan 3

4. Pemilihan tujuan, produk dan volume pada kompartemen selanjutnya
- Pemilihan bergantung kepada pengisian kompartemen sebelumnya. Langkah pertama adalah menghitung jumlah tujuan kompartemen pertama, jika jumlah tujuan sudah melebihi empat maka hanya empat tujuan tersebut yang akan dievaluasi untuk setiap produknya. Kompartemen bersifat *undedicated* sehingga tidak terdapat batasan produk

tertentu yang dapat mengisi kompartemen tersebut. Jika jumlah tujuan pada kompartemen sebelumnya belum mencapai empat tujuan, maka diperbolehkan untuk mencari nilai SDR terkecil lainnya pada produk-produk yang berada pada titik lain di *cluster* yang sama.



Gambar 4. 24 Logika Pengisian Kompartemen Selanjutnya



Gambar 4. 25 Logika Penggunaan Dermaga TBBM

5. Terminal Transit Wayame memiliki tiga dermaga, setiap dermaga memiliki kapasitas DWT yang berbeda. Dermaga C memiliki batasan DWT sebesar 6,000 DWT, jika tanker memiliki *dead weight tonnage* lebih

dari pada nilai tersebut, maka tanker harus menggunakan dermaga lainnya. Dermaga B memiliki batasan sebesar 10,000 DWT dan Dermaga A dengan batasan 35,000 DWT. Tanker dengan *dead weight tonnage* kecil diprioritaskan untuk bersandar pada dermaga dengan batasan DWT yang kecil.

#### 6. *Pertime*

*Pertime* merupakan waktu yang dibutuhkan oleh tanker untuk bersandar pada dermaga, durasi tersebut termasuk durasi ketika kapal pandu memandu tanker di perairan lepas, kapal tunda (*tugboat*) membantu tanker bersandar pada dermaga dan pengurusan administrasi seperti *clearance* pada dermaga. Dermaga Terminal Transit ini tidak memiliki batasan *awaiting daylight*. Yang dimaksud dari *awaiting daylight* adalah tanker harus menunggu di laut lepas untuk bersandar pada dermaga apabila tanker tiba di tujuan pada waktu di luar jam operasional. Jika tidak terdapat batasan *daylight* maka tanker dapat bersandar pada dermaga, namun untuk melakukan pengisian kompartemen tanker harus menunggu hingga *daylight* dikarenakan pengaturan atau *setup* pompa tidak dapat dilakukan di luar jam *daylight*. *Pertime* dengan lama proses TRIA(2.5,3,5) jam.

#### 7. Pengisian produk

Pengisian ke kompartemen tanker dapat dilakukan secara simultan sehingga pengisian kompartemen 2 tidak perlu menunggu hingga pengisian kompartemen 1 selesai. Oleh karena itu waktu yang dibutuhkan adalah waktu maksimum dari pengisian kompartemen 1, kompartemen 2, dan kompartemen 3. Kecepatan pengisian terdapat pada Lampiran E.

*Kecepatan Loading* =

$$\text{Max} \left( \frac{\text{Jumlah Pengiriman Kompartemen } i}{\text{Kecepatan Loading}} \forall i \right) \quad (4.5)$$

#### 8. *Post-Time*

Jika telah dilakukan pengisian maka tanker dapat meninggalkan dermaga. *Post-time* merupakan waktu yang dibutuhkan oleh pengurusan administrasi seperti dokumen *bill of lading*, kapal lepas sandar dari

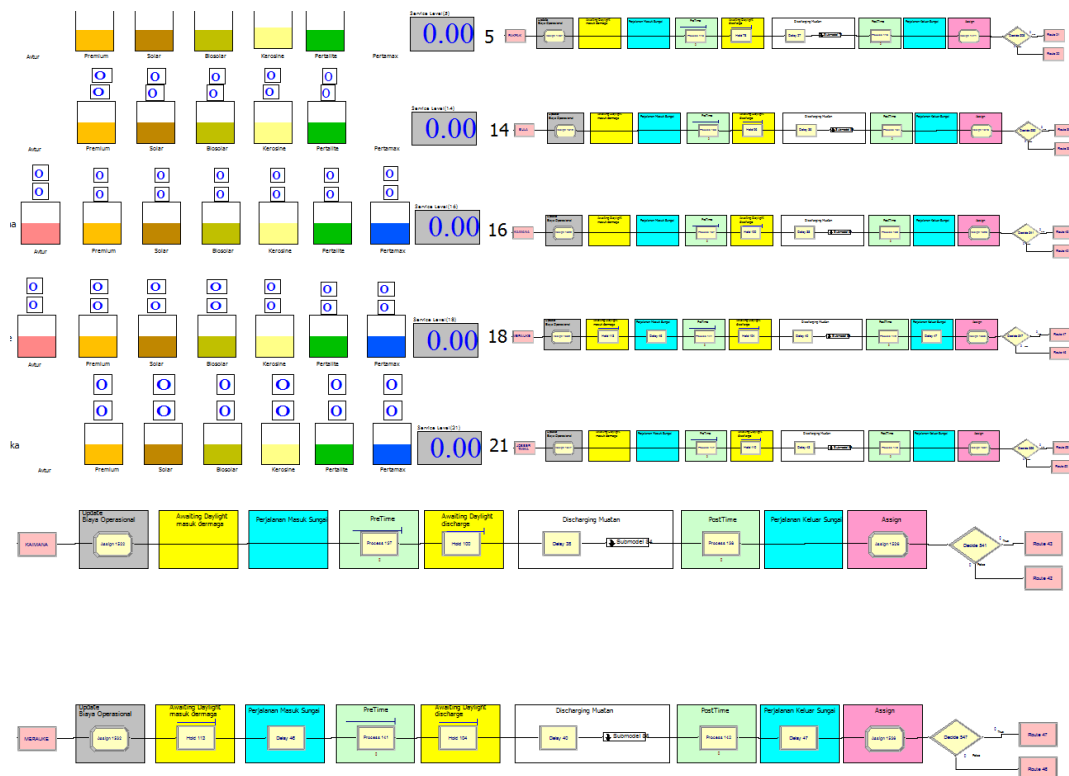
dermaga dengan bantuan kapal tunda hingga kapal meninggalkan dermaga untuk ke lepas pantai dengan bantuan kapal pandu. Tanker akan berangkat ke dermaga tujuan sesuai dengan *sequence* tujuan yang telah ditentukan sebelumnya. *Posttime* memerlukan lama proses berdistribusi TRIA(1.5,2,3.5).

#### 4.3.6 Submodel Demand Port

Kedatangan tanker pada *demand port* didahului dengan evaluasi ketersediaan *resource* dermaga pada depo tersebut. Tanker akan menunggu hingga dapat bersandar pada dermaga. Terdapat beberapa *dermaga* yang memiliki batasan *awaiting daylight*, sehingga kapal harus menunggu keesokan harinya untuk bersandar apabila tanker tersebut tiba di luar jam *daylight*.

Selain itu dilakukan pula perhitungan biaya operasional yaitu:

$$\text{Biaya Operasional} = \text{Port Charges} + \text{Bunker Cost} \quad (4.6)$$



Gambar 4. 26 Proses Tanker tiba di Dermaga Tujuan



1. *Awaiting daylight dermaga*

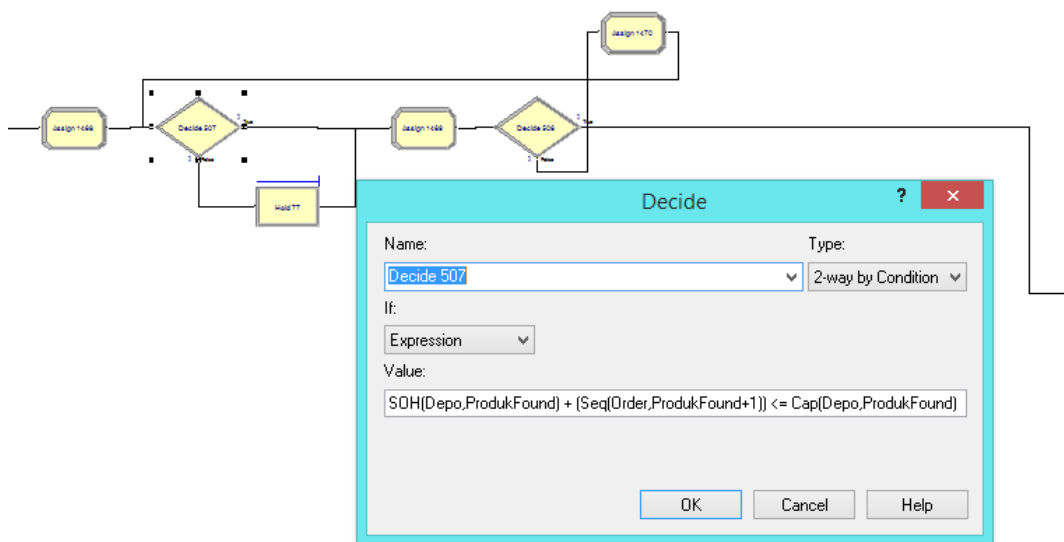
Beberapa dermaga terletak di sungai sehingga tanker memerlukan waktu untuk melakukan perjalanan sepanjang sungai untuk dapat bersandar di dermaga. Pengisian tangki timbun pada depo tujuan dapat dilakukan langsung jika pada saat setup pompa, waktu masih berada dalam rentang *daylight*.

2. *Pre-time depo*

*Pre-time* depo merupakan waktu yang dibutuhkan sebelum tanker dapat melakukan operasi. *Pre-time* dengan lama proses berdistribusi TRIA(1.5,2.5,4) jam.

3. Evaluasi *ullage* tangki timbun

Apabila saat tanker tiba posisi *ullage* tangki timbun kurang dari alokasi volume pengiriman maka tanker harus menunggu.



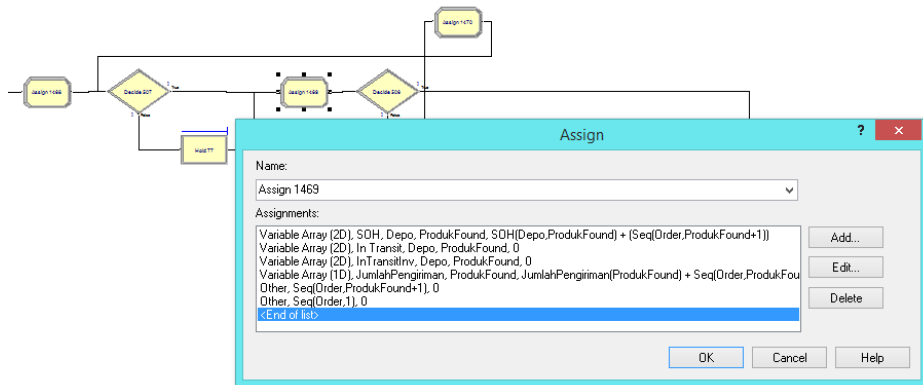
Gambar 4. 27 Logika Pengisian Tangki Timbun

4. Pengisian tangki timbun

Apabila tanker dapat memompa produk keluar dari kompartemen menuju tangki timbun, maka dilakukan pembaruan nilai *stock on hand* pada tangki

timbun dengan penambahan volume produk yang dipompa. Durasi pengisian tangki timbun bergantung pada kecepatan pompa kapal dan volume yang dipindahkan.

$$Kecepatan\ Unloading = \text{Max} \left( \frac{\text{Jumlah Pengiriman Depo } i}{\text{Kecepatan Unloading}} \forall i \right) \quad (4.7)$$



Gambar 4. 28 Update *Stock* pada Tangki Timbun

#### 4.4 Perhitungan Jumlah Replikasi

Pada sub-bab ini akan dilakukan perhitungan jumlah replikasi yang dibutuhkan untuk menjalankan simulasi.

Setelah dilakukannya *running* simulasi, tahapan selanjutnya adalah penentuan jumlah replikasi. Simulasi merupakan suatu metode yang memiliki sifat *Random Input Random Output* (RIRO), parameter-paramter yang digunakan dapat berupa probabilistik sehingga untuk mendapatkan *output* yang akurat diperlukannya proses replikasi.

Salah satu pendekatan untuk menghitung jumlah replikasi yang diperlukan adalah menghitung interval estimasi nilai rata-rata populasi (*half-width*) berdasarkan sample replikasi awal yang dilakukan (Kelton, et al., 2007). Pada awal penentuan replikasi, model dijalankan dengan replikasi awal sebanyak 5 dengan panjang replikasi satu tahun, dari hasil *running* didapatkan hasil:

Tabel 4. 4 Hasil *Output* Simulasi per Replikasi

Replikasi ke	Volume BBM yang didistribusikan	
	Output Hasil Simulasi	Sistem Eksisting
1	695,649.00	686,122.00
2	707,412.00	
3	696,724.00	
4	696,753.00	
5	675,130.00	
<b>mean</b>	<b>694,333.60</b>	
<b>stdev</b>	11,759.26	

$$Halfwidth = \frac{t_{(n-1, \alpha/2)} \times stdev}{\sqrt{n}}, \text{ dengan}$$

$$\alpha = 0.05$$

$$stdev = 11,759.26$$

$$n = 5$$

$$t_{(4, 0.025)} = 2.776$$

sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

$$Halfwidth = \frac{2.776 \times 11,759.26}{\sqrt{5}}$$

$$Halfwidth = 14,598.71$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut didapatkan nilai *half-width* sebesar 14,598.71 KL, nilai tersebut 2.102% dari rata-rata *output* simulasi. Nilai *half-width* tersebut relatif kecil. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan 5 replikasi sudah mewakili sistem yang ada.

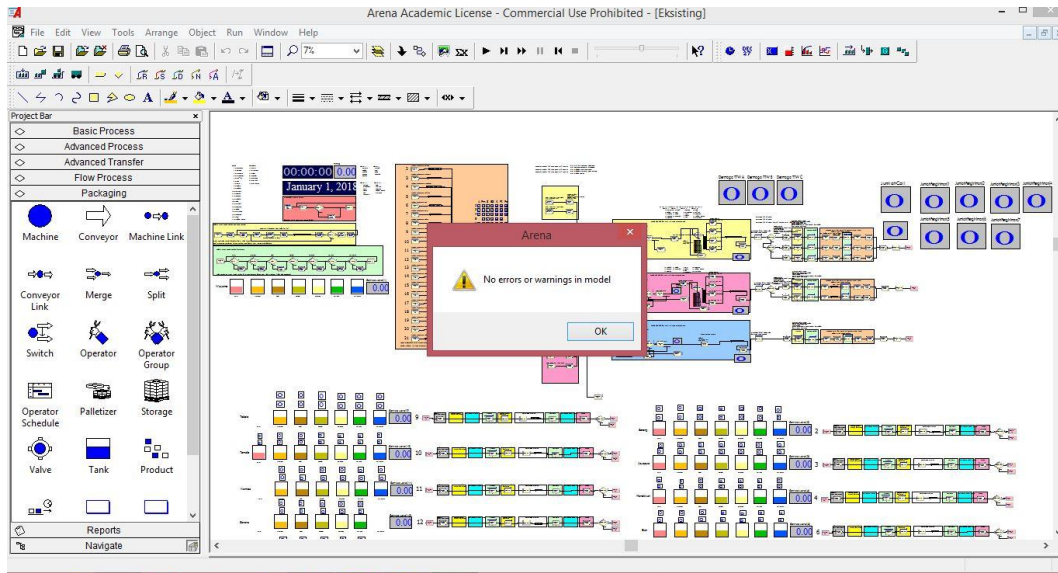
#### 4.5 Verifikasi dan Validasi Model

Pada sub-bab ini akan dilakuakn verifikasi dan validasi model simulasi untuk memastikan bahwa model yang telah dibangun sesuai dengan sistem yang ada.

##### 4.5.1 Verifikasi Model

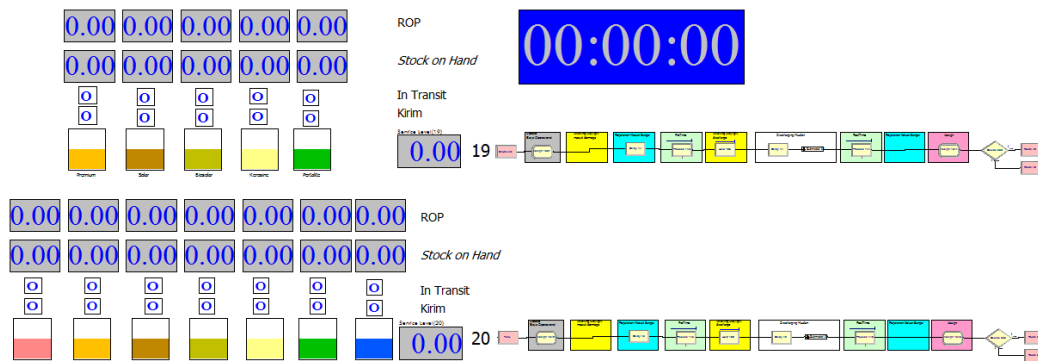
Verifikasi atau Validasi Internal akan dilakukan dengan dua tahapan yaitu pengecekan error pada model yang telah dibuat. Hal ini memastikan bahwa

tidak terdapat *error* pada model yang telah dibuat. Arena akan melakukan pengecekan terhadap model yang terdapat di jendela kerja untuk memastikan model dapat di-*running*.



Gambar 4. 29 Pengecekan *Error* pada Model Simulasi di Arena

Pada Gambar 4.29 dapat diketahui bahwa tidak terdapat *error* pada model simulasi Arena. Hal tersebut menunjukkan bahwa alur penggunaan modul pada Arena telah benar dan tidak terdapat *error* semantik dan model dapat dijalankan. Selain pengecekan terhadap *error* perlu pula dilakukan pengecekan parameter-parameter yang terdapat pada model simulasi Arena.



Gambar 4. 30 Verifikasi Manual

#### 4.5.1.1 Verifikasi Sinyal *Reorder Point* (ROP)

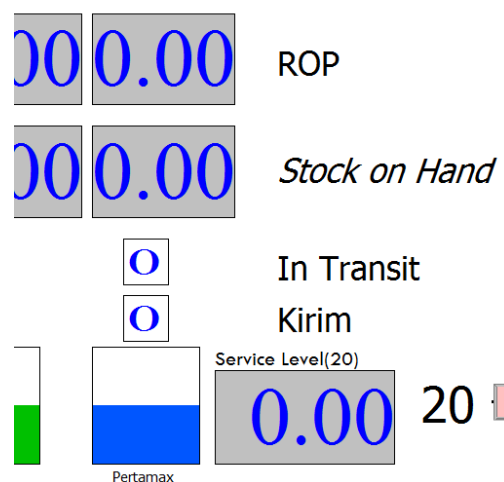
Verifikasi sinyal ROP dilihat ketika *Stock On Hand* akan mendekati nilai ROP. Apabila nilai salah satu dari kondisi:

1. *Stock On Hand* (SOH) kurang dari atau sama dengan ROP
2. *In Transit* == 1

maka, entitas akan memperbarui nilai Kirim menjadi 1, jika nilai Kirim == 1 tanker yang sedang tersedia akan menuju ke tujuan tersebut untuk melakukan pengiriman produk (Gambar 4. 29).

Apabila tanker telah sampai pada depo dan melakukan pengisian, maka variabel *In Transit* akan diperbarui menjadi bernilai 0, yang berarti bahwa pengiriman telah diselesaikan. Nilai *Stock On Hand* akan bertambah dengan perhitungan:

$$SOH(i,j) = SOH(i,j) + InTransitInv(i,j)$$



Gambar 4. 31 Verifikasi Sinyal ROP

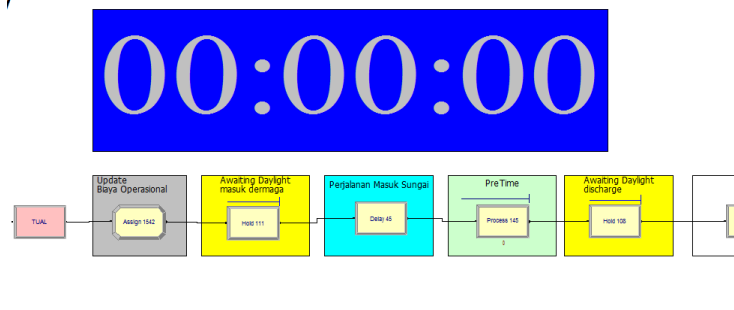
#### 4.5.1.2 Verifikasi Tujuan Kapal

Untuk melakukan verifikasi terhadap tujuan kapal, maka perlu dilakukan *ReadWrite* untuk setiap entitas yang telah melewati dermaga Terminal Transit. *Read* perlu dilakukan pada model ini, dikarenakan *sequence* perjalanan setiap tanker merupakan sebuah atribut yang melekat pada entitas, bukan variabel sehingga tidak dapat digambarkan di animasi. Sehingga dengan adanya data atribut urutan tujuan maka yang telah dikeluarkan pada

file *spreadsheet*, dapat dilihat perjalanan tanker melalui animasi yang berada pada jendela kerja Arena.

#### 4.5.1.3 Verifikasi *Awaiting Daylight*

Terdapat beberapa dermaga yang memiliki jam operasional atau batasan kondisi seperti dermaga yang dekat dengan karang atau dermaga yang harus melewati sungai, maka tanker yang telah datang di luar jam operasi harus menunggu hingga keesokan harinya.



Gambar 4. 32 Verifikasi Jam Operasional

#### 4.5.2 Validasi

Pada proses validasi dilakukan pengujian model simulasi yang telah dibuat dengan model pada sistem yang ada. Proses ini dilakukan dengan membandingkan *output* hasil simulasi dengan sistem nyata. Dengan pendekatan validasi *black box*, proses validasi dilakukan dengan uji hipotesis rata-rata. Beberapa variabel dari *output* hasil simulasi dan dataa riil (data historis) dibandingkan dengan menggunakan uji hipotesis *Student t-test* dengan hipotesis berikut:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2,$$

tidak terdapat perbedaan yang signifikan di antara rata-rata dua populasi

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2,$$

terdapat perbedaan di antara dua populasi

Nilai  $\mu_1$  merupakan nilai variabel yang didapat dari hasil simulasi dan  $\mu_2$  merupakan nilai dari data riil pada sistem. Hipotesis awal ( $H_0$ ) tidak ditolak jika nilai dari p-value di tes lebih besar dari 0.05 (menggunakan *confidence level* 95%).

Tabel 4. 5 Validasi dengan *Student's t Hypothesis Testing*

Variabel yang diuji	Output Simulasi	Data	p-value	Kesimpulan
Jumlah <i>Call Tanker</i>	220.80	216.00	0.149	Tidak menolak $H_0$
Total Volume Pengiriman	694,333.60	686,112.00	0.193	Tidak menolak $H_0$
Volume Pengiriman Premium	151,863.44	145,670.00	0.069	Tidak menolak $H_0$
Volume Pengiriman Avtur	60,669.56	61,970.00	0.054	Tidak menolak $H_0$
Volume Pengiriman Solar	127,371.65	130,850.00	0.193	Tidak menolak $H_0$

Berdasarkan Tabel 4.7, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai variabel dari hasil simulasi dan data riil (data dan hasil uji hipotesis pada Minitab di Lampiran C). Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa model simulasi yang telah merepresentasikan sistem nyata. Model yang telah valid tersebut yang akan digunakan untuk mengembangkan skenario-skenario.

#### 4.6 Analisis Model

Pada sub-bab ini dilakukan analisis terhadap model yang dibangun. Dengan mengacu terhadap tahapan pemodelan sistem pada literatur Management Science: Decision Making Through System Thinking (Daellenbach & McNickle, 2005) pada Gambar 3.3 (Bab 3), setelah dilakukannya validasi terhadap model maka dilakukan analisis pada model.

Variabel respon yang akan diamati pada analisis ini adalah *service level*. *Service level* merupakan salah satu ukuran performansi sistem yang telah ditentukan sebelumnya. Analisis meliputi pengaruh penambahan jumlah tanker, pengaruh perubahan aturan pengiriman, pengaruh peningkatan *daily of take* dan pengaruh perubahan aturan pengiriman dan peningkatan *daily of take* (*Two-Way Analysis*).

Scenario Properties					Responses								
S	Name	TankerAvtur	Tanker1	Tanker2	Total Biaya Sewa	Total Biaya Operasional	SL Avtur	SL Biosolar	SL Kerosine	SL Pertamina	SL Pertamina	SL Premium	SL Solar
1	Scenario 1	2.0000	3.0000	8.0000	149622371.700	6271255.435	0.894	0.908	0.935	0.963	0.964	0.940	0.891
2	Scenario 2	3.0000	3.0000	8.0000	154378750.400	6832060.033	0.899	0.953	0.965	0.985	0.979	0.964	0.945
3	Scenario 3	4.0000	3.0000	8.0000	159731129.100	6989307.893	0.899	0.922	0.927	0.964	0.961	0.945	0.904
4	Scenario 4	5.0000	3.0000	8.0000	165085507.800	7595586.854	0.899	0.946	0.972	0.964	0.962	0.968	0.940
5	Scenario 6	2.0000	3.0000	9.0000	159913846.100	6733557.809	0.896	0.904	0.928	0.974	0.976	0.916	0.885
6	Scenario 7	2.0000	3.0000	10.0000	170095520.500	7151510.052	0.895	0.967	0.982	0.997	0.997	0.981	0.970
7	Scenario 8	2.0000	3.0000	11.0000	181697094.900	7426790.903	0.893	0.950	0.948	0.979	0.980	0.951	0.928
8	Scenario 9	2.0000	3.0000	12.0000	192588669.300	7759816.599	0.895	0.950	0.953	0.994	0.991	0.966	0.941
9	Scenario 10	2.0000	3.0000	13.0000	203480243.700	7633729.621	0.895	0.956	0.961	0.990	0.993	0.967	0.953
10	Scenario 11	2.0000	4.0000	8.0000	160062711.400	6871270.741	0.895	0.933	0.956	0.982	0.980	0.965	0.931
11	Scenario 13	3.0000	3.0000	9.0000	165268324.800	7096006.067	0.899	0.925	0.951	0.990	0.989	0.947	0.905
12	Scenario 14	3.0000	3.0000	10.0000	176159899.200	7596026.869	0.899	0.936	0.947	0.981	0.985	0.950	0.917
13	Scenario 15	3.0000	3.0000	11.0000	187051473.600	8120343.118	0.899	0.963	0.979	0.995	0.999	0.986	0.963
14	Scenario 16	3.0000	3.0000	12.0000	197943048.000	7790227.764	0.900	0.934	0.945	0.988	0.988	0.960	0.923
15	Scenario 17	3.0000	4.0000	9.0000	182328664.500	7755413.775	0.899	0.875	0.908	0.935	0.938	0.915	0.871
16	Scenario 18	3.0000	4.0000	10.0000	193220238.900	7639079.005	0.899	0.929	0.939	0.981	0.991	0.949	0.921
17	Scenario 19	3.0000	4.0000	11.0000	204111813.300	8183906.052	0.898	0.934	0.960	0.987	0.992	0.962	0.929
18	Scenario 20	3.0000	4.0000	12.0000	215003087.700	8450000.742	0.898	0.909	0.927	0.990	0.976	0.943	0.895
19	Scenario 21	4.0000	3.0000	9.0000	170622703.500	7632004.694	0.900	0.955	0.965	0.988	0.993	0.960	0.949
20	Scenario 22	4.0000	3.0000	10.0000	181514277.900	7463855.271	0.899	0.931	0.939	0.990	0.988	0.945	0.928
21	Scenario 23	4.0000	3.0000	11.0000	192485852.300	8321216.017	0.899	0.970	0.973	0.987	1.000	0.972	0.953
22	Scenario 24	4.0000	3.0000	12.0000	203297428.700	8675559.802	0.899	0.961	0.986	0.997	1.000	0.989	0.979
23	Scenario 26	5.0000	3.0000	10.0000	186868656.600	8399707.162	0.900	0.978	0.974	0.996	0.993	0.985	0.968
24	Scenario 27	5.0000	3.0000	12.0000	208651005.400	8528442.280	0.900	0.967	0.973	0.998	0.999	0.981	0.960
25	Scenario 28	5.0000	3.0000	13.0000	219543379.600	8488486.464	0.900	0.978	0.981	0.998	0.998	0.985	0.970

Gambar 4. 33 Process Analyzer

#### 4.6.1 Pengaruh Jumlah dan Kapasitas Tanker terhadap Service Level

Pada analisis ini, dilakukan eksperimen terhadap model yang telah dibangun untuk mengetahui pengaruh jumlah dan kapasitas tanker terhadap service level.

Tabel 4. 6 Jumlah Tanker Awal

Jumlah Kapal Tanker			Total Call	220.8
			Charter Cost	Rp 179,866,198,200.00
			Operational Cost	Rp 6,270,878,786.00
Tanker Produk 1	Multi-Compartement		Service Level	
±1200 kL	±7000 kL	±4000 kL	Produk 1	0.801
2	3	8	Produk 2	0.951
			Produk 3	0.915
			Produk 4	0.935
			Produk 5	0.932
			Produk 6	0.968
			Produk 7	0.987
			Service Level	0.927



Tabel 4. 7 Penambahan 1 Tanker Produk 1

Penambahan Kapal Tanker			<i>Total Call</i>	235.6
			<i>Charter Cost</i>	Rp 185,220,576,900.00
			<i>Operational Cost</i>	Rp 6,629,064,662.00
Tanker Produk 1	<i>Multi-Compartement</i>		<i>Service Level</i>	
±1200 kL	±7000 kL	±4000 kL	Produk 1	0.810
1	0	0	Produk 2	0.938
			Produk 3	0.897
			Produk 4	0.928
			Produk 5	0.935
			Produk 6	0.988
			Produk 7	0.987
			<i>Service Level</i>	<b>0.926</b>

Berdasarkan pada Tabel 4.9, dapat diketahui bahwa dengan menambahkan satu tanker produk 1 meningkatkan *service level* sebesar 0.9% dari SL sebelumnya yaitu 80.1% menjadi 81.0%. Sedangkan untuk biaya operasional mengalami peningkatan sebesar 8.03% seiring dengan penambahan Jumlah *Call*. Selanjutnya dilakukan penambahan dua tanker produk 1 dari kondisi awal.

Tabel 4. 8 Penambahan 2 Tanker Produk 1

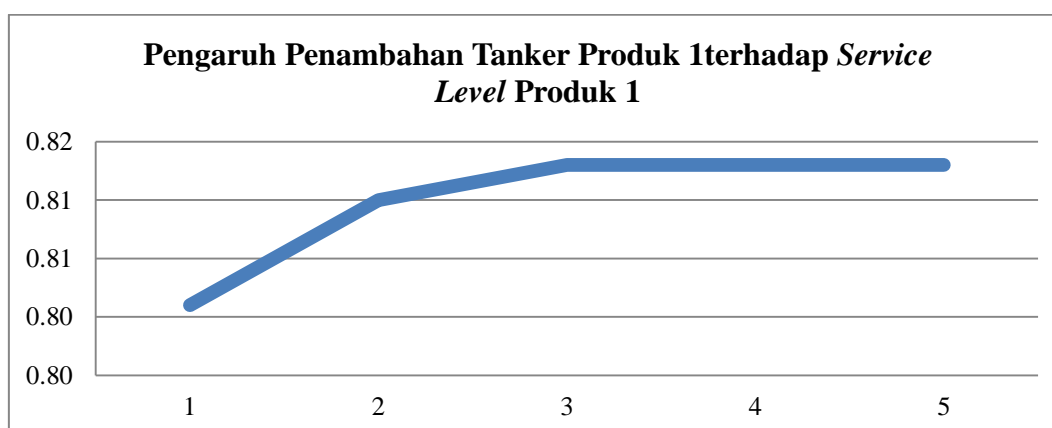
Penambahan Kapal Tanker			<i>Total Call</i>	237.8
			<i>Charter Cost</i>	Rp 190,574,955,600.00
			<i>Operational Cost</i>	Rp 6,651,977,673.00
Tanker Produk 1	<i>Multi-Compartement</i>		<i>Service Level</i>	
±1200 kL	±7000 kL	±4000 kL	Produk 1	0.813
2	0	0	Produk 2	0.940
			Produk 3	0.898
			Produk 4	0.909
			Produk 5	0.916
			Produk 6	0.969
			Produk 7	0.981
			<i>Service Level</i>	<b>0.918</b>

Berdasarkan Tabel 4.10, dapat disimpulkan dengan menambahkan tanker produk 1 menjadi dua dapat meningkatkan SL, namun hanya sebesar 0.03%. Peningkatan ini tidak se-signifikan peningkatan SL pada yang semula 2 tanker menjadi 3 tanker, selain itu peningkatan biaya *charter* naik sebesar 7.047%.

Tabel 4. 9 Pengaruh Penambahan Tanker Produk 1 pada *Service Level* Produk 1

Penambahan Tanker			Service Level Produk 1
Tanker Produk 1	Multi-Compartment		
±1200 kL	±7000 kL	±4000 kL	
1	0	0	0.801
2	0	0	0.810
3	0	0	0.813
4	0	0	0.813
5	0	0	0.813

Berdasarkan pada Tabel 4.11, diketahui bahwa dengan penambahan yang semakin banyak kepada tanker produk 1, tidak membuat *service level* semakin meningkat seiringnya pertambahan tersebut. *Service level* produk 1 tertinggi ketika terjadi penambahan sebanyak tiga tanker dan kemudian akan menurun atau stagnan dengan penambahan 4 dan 5 tanker. *Service level* produk 1 memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan *service level* produk lainnya dikarenakan kapasitas tangki timbun yang tidak optimum dan lebih rendah dibandingkan dengan kapasitas tanker produk 1 apabila kapasitas tangki timbun dalam satu cluster diakumulasikan. Hal tersebut berkaitan dengan aturan volume produk yang dibawa oleh tanker, tanker tidak akan melakukan perjalanan dengan kondisi *deadfreight* (masih terdapat *ullage*) pada kompartemen karena dengan adanya *deadfreight* membuat biaya per kL produk menjadi lebih besar.



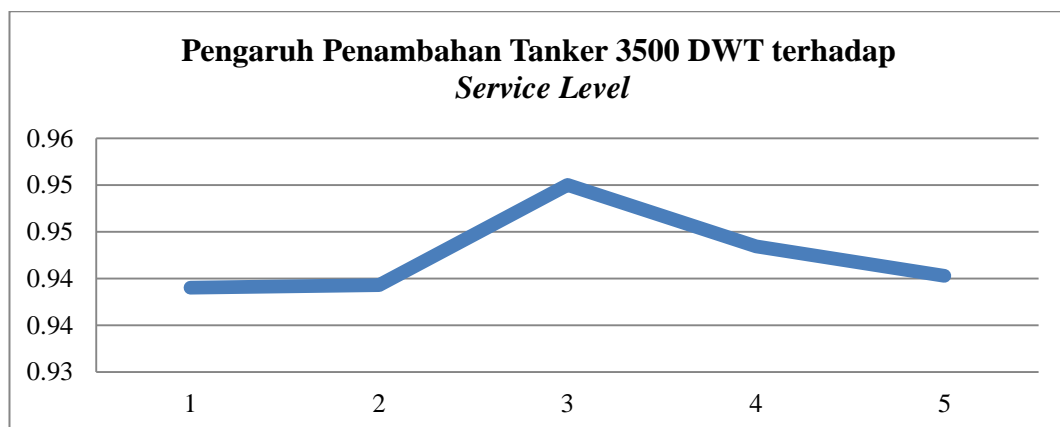
Gambar 4. 34 Pengaruh Penambahan Tanker Produk 1 terhadap *Service Level* Produk 1

Selain dilakukan penambahan terhadap jumlah tanker produk 1 dilakukan pula penambahan terhadap tanker *multi-compartment* 3500 DWT. Penambahan tersebut menimbulkan pengaruh terhadap *service level* (SL).

Tabel 4. 10 Penambahan 1 Tanker 3500

Penambahan Kapal Tanker			<i>Total Call</i>	237.8
			<i>Charter Cost</i>	Rp 196,926,537,900.00
			<i>Operational Cost</i>	Rp 6,887,435,910.00
Tanker Produk 1	<i>Multi-Compartment</i>		<i>Service Level</i>	
±1200 kL	±7000 kL	±4000 kL	Produk 1	0.803
0	0	1	Produk 2	0.965
			Produk 3	0.927
			Produk 4	0.940
			Produk 5	0.955
			Produk 6	0.993
			Produk 7	0.987
			<i>Service Level</i>	<b>0.939</b>

Penambahan satu tanker dengan *multi-compartment* dengan kapasitas 4000 kL (3500 DWT), menaikkan SL sebesar 0.12%. Oleh karena itu, dapat diketahui dengan penambahan tanker tersebut tidak berpengaruh signifikan kepada peningkatan SL.



Gambar 4. 35 Pengaruh Penambahan Tanker terhadap *Service Level*

Tabel 4. 11 Pengaruh Penambahan Tanker pada *Service Level*

Penambahan Tanker			Service Level
Tanker Produk 1	Multi-Compartment		
±1200 kL	±7000 kL	±4000 kL	
0	0	1	0.939
0	0	2	0.939
0	0	3	0.950
0	0	4	0.943
0	0	5	0.940

Berdasarkan Tabel 4.12, penambahan dua tanker 3500 DWT hanya dapat menaikkan SL sebesar kurang dari 2%. Sedangkan pada Tabel 4.13 menunjukkan bahwa penambahan tanker *multi-compartment* dapat membuat SL meningkat hingga 95.0%. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis penentuan kombinasi penambahan tanker dan kapasitas tanker untuk skenario penentuan kombinasi jumlah dan kapasitas tanker (Lampiran A).

#### 4.6.2 Pengaruh Aturan Pengiriman dengan ROP terhadap *Service Level*

Kondisi eksisting adalah pengiriman dipicu titik kritis dengan parameter *coverage days* pada stok tangki timbun telah mencapai atau kurang dari hari yang telah ditentukan per depo (setiap depo memiliki titik kritis dengan *coverage days* yang berbeda seperti yang terpapar pada Lampiran M). Sedangkan skenario ini menambahkan pertimbangan untuk menggunakan ROP sebagai pemicu pengiriman, hal tersebut didasarkan dengan ROP mengakomodasi perbedaan *lead time* dari masing-masing depo dan *safety stock* untuk ketidakpastian *demand*. Oleh karena itu, dibuatlah aturan pengiriman yaitu:

Aturan 1 : Pengiriman dipicu titik kritis dengan parameter *Coverage Days* minimum

Aturan 2 : Pengiriman dipicu titik kritis dengan parameter ROP dengan mempertimbangkan *safety stock* (Pesamaran 4.2)

Pada eksperimen ini dilakukan simulasi terhadap seluruh skenario dasar yang terdapat pada Lampiran A untuk menganalisis pengaruh aturan pengiriman terhadap *service level* (*One-Way Analysis*).

Tabel 4. 12 Jumlah Tanker Awal dengan Aturan 2

Jumlah Tanker			<i>Total Call</i>	242.2
			<i>Charter Cost</i>	Rp 179,866,198,200.00
			<i>Operational Cost</i>	Rp 6,417,544,512.00
Tanker Produk 1	<i>Multi-Compartment</i>		<i>Service Level</i>	
±1200 kL	±7000 kL	±4000 kL	Produk 1	0.894
2	3	8	Produk 2	0.899
			Produk 3	0.928
			Produk 4	0.968
			Produk 5	0.987
			Produk 6	0.931
			Produk 7	0.923
			<i>Service Level</i>	<b>0.933</b>

Tabel 4. 13 Perbandingan *Service Level* dengan Aturan 1 dan Aturan 2

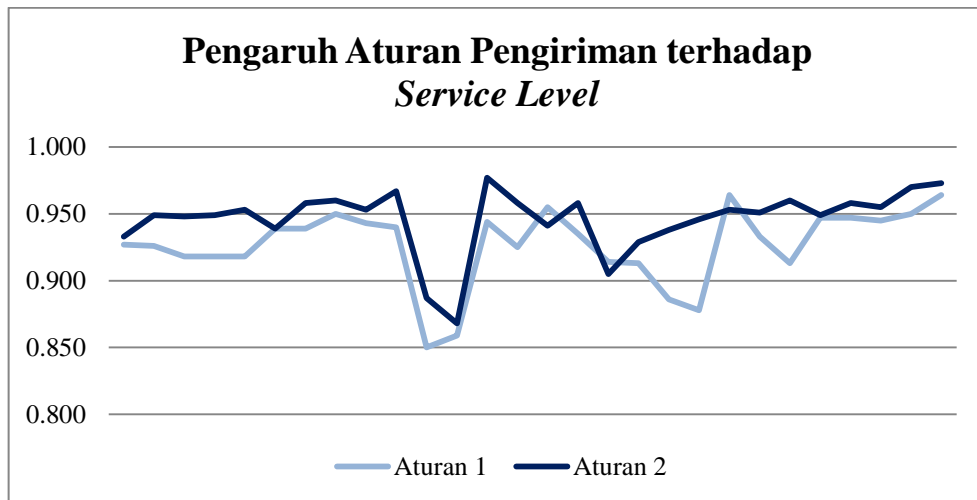
Jumlah Tanker			<i>Coverage Days</i>	ROP
			Rp 6,270,878,786.00	Rp 6,417,544,512.00
			<i>Service Level</i>	
Tanker Produk 1	<i>Multi-Compartment</i>		Produk 1	0.801
			Produk 2	0.951
			Produk 3	0.915
±1200 kL	±7000 kL	±4000 kL	Produk 4	0.935
2	3	8	Produk 5	0.932
			Produk 6	0.968
			Produk 7	0.987
			<i>Service Level</i>	<b>0.927</b>

Pada Tabel 4.15 dapat diketahui bahwa dengan penggantian aturan pengiriman, yang sebelumnya menggunakan titik krisis yaitu *coverage days* menjadi *reorder point* yaitu perkalian *daily of take* (DOT) dengan *lead time* (LT) dan penambahan *safety stock*, dapat meningkatkan SL.

Tabel 4.16 menunjukkan rekapitulasi perbedaan *service level* pada skenario penambahan tanker produk 1 dan tanker *multi-compartment* pada Aturan 1 dan Aturan 2 (Lampiran G dan Lampiran H).

Tabel 4. 14 Pengaruh Aturan Pengiriman terhadap *Service Level*

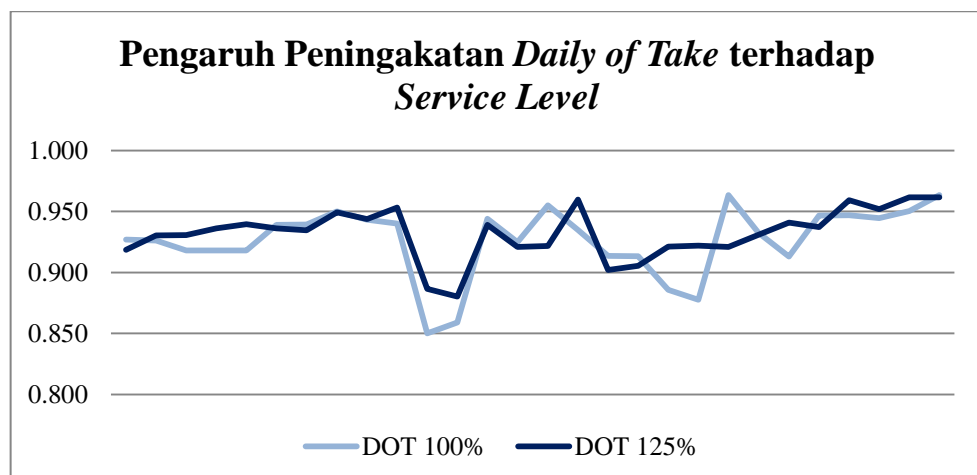
Jumlah Kapal Tanker			<i>Service Level</i>	
Tanker Produk 1	<i>Multi-Compartment</i>		Aturan 1	Aturan 2
$\pm 1200$ kL	$\pm 7000$ kL	$\pm 4000$ kL		
2	3	8	0.927	0.933
3	3	8	0.926	0.949
4	3	8	0.918	0.948
5	3	8	0.918	0.949
6	3	8	0.918	0.953
2	3	9	0.939	0.939
2	3	10	0.939	0.958
2	3	11	0.950	0.960
2	3	12	0.943	0.953
2	3	13	0.940	0.967
2	4	8	0.850	0.887
2	5	8	0.859	0.868
3	3	9	0.944	0.977
3	3	10	0.925	0.958
3	3	11	0.955	0.941
3	3	12	0.935	0.958
3	4	9	0.914	0.905
3	4	10	0.913	0.929
3	4	11	0.886	0.938
3	4	12	0.878	0.946
4	3	9	0.964	0.953
4	3	10	0.933	0.951
4	3	11	0.913	0.960
4	3	12	0.947	0.949
5	3	9	0.947	0.958
5	3	10	0.945	0.955
5	3	12	0.950	0.970
5	3	13	0.964	0.973



Gambar 4. 36 Pengaruh Aturan Pengiriman terhadap *Service Level*

#### 4.6.3 Pengaruh Peningkatan *Daily of Take* terhadap *Service Level*

Perubahan paramater pada sistem akan mempengaruhi variabel keputusan, dengan variabel keputusan yang sama maka variabel respon akan terpengaruh oleh perubahan parameter. Dengan mengubah *daily of take* dan ROP, tanpa mengubah parameter lainnya, dilakukan simulasi kembali terhadap setiap skenario dasar yang terlampir pada Lampiran A untuk mengetahui pengaruh peningkatan terhadap *service level* (*One-Way Analysis*). *Daily of take* akan diubah menjadi 125%. Gambar 4.37 menunjukkan grafik perbedaan *service level* pada peningkatan *daily of take* (Lampiran I dan Lampiran J).



Gambar 4. 37 Pengaruh Peningkatan *Daily of Take* terhadap *Service Level*

Tabel 4. 15 Pengaruh Peningkatan *Daily of Take* terhadap *Service Level*

Jumlah Kapal Tanker			<i>Service Level</i>	
Tanker Produk 1	<i>Multi-Compartment</i>			
±1200 kL	±7000 kL	±4000 kL	DOT 100%	DOT 125%
2	3	8	0.927	0.919
3	3	8	0.926	0.931
4	3	8	0.918	0.931
5	3	8	0.918	0.936
6	3	8	0.918	0.940
2	3	9	0.939	0.936
2	3	10	0.939	0.935
2	3	11	0.950	0.949
2	3	12	0.943	0.944
2	3	13	0.940	0.953
2	4	8	0.850	0.887
2	5	8	0.859	0.880
3	3	9	0.944	0.939
3	3	10	0.925	0.921
3	3	11	0.955	0.922
3	3	12	0.935	0.960
3	4	9	0.914	0.902
3	4	10	0.913	0.905
3	4	11	0.886	0.921
3	4	12	0.878	0.922
4	3	9	0.964	0.921
4	3	10	0.933	0.931
4	3	11	0.913	0.941
4	3	12	0.947	0.937
5	3	9	0.947	0.959
5	3	10	0.945	0.952
5	3	12	0.950	0.962
5	3	13	0.964	0.962

#### 4.6.4 Pengaruh Aturan Pengiriman dan Peningkatan *Daily of Take* terhadap *Service Level*

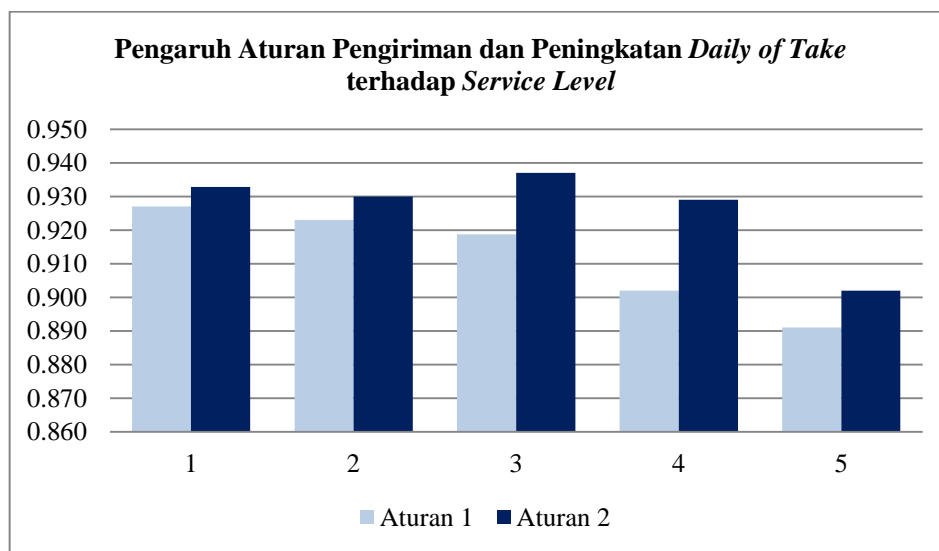
Pada analisis ini, akan dilakukan eksperimen untuk mengetahui pengaruh aturan pengiriman (Sub-bab 4.6.2) dan peningkatan *daily of take* (Sub-bab 4.6.3) terhadap *service level* (*Two-Way Analysis*). Eksperimen akan dilakukan terhadap



skenario 0 (Lampiran A) dengan peningkatan *daily of take* sebesar 10%, 25%, 50% dan 75%.

Tabel 4. 16 Pengaruh Aturan Pengiriman dan Peningkatan *Daily of Take* terhadap *Service Level*

Peningkatan Demand	0%	10%	25%	50%	75%
Aturan 1	0.927	0.923	0.919	0.902	0.891
Aturan 2	0.933	0.930	0.937	0.929	0.902



Gambar 4. 38 Pengaruh Aturan Pengiriman dan Peningkatan *Daily of Take* terhadap *Service Level*

#### 4.6.5 Pengaruh Penambahan Satu Fasilitas Terminal Back-loading terhadap *Service Level*

Pada analisis ini akan dilakukan eksperimen dengan menambahkan satu terminal *back-loading* yangmana terminal *back-loading* tersebut akan memasok empat depo lainnya yang berada di sekitarnya. Eksperimen akan dilakukan untuk mengetahui perubahan terhadap *service level*, seluruh parameter tetap dan perubahan pada model adalah pada logika pemilihan titik kritis. Pada kondisi eksisting empat depo yang akan dipasok oleh terminal *back-loading*, dipasok oleh terminal transit. Namun, pada eksperimen ini keempat depo tersebut akan dipasok hanya dari terminal *back-loading*. Oleh karena itu, kriteria keputusan pada analisis

ini adalah *service level* terminal *back-loading* mencapai 100,00% untuk menjaga *service level* keempat depo yang dipasok. Eksperimen dilakukan dengan mengubah kapasitas tangki timbun *terminal back-loading* dengan *coverage days* 10, 15, dan 20 hari untuk mengetahui perbedaan terhadap *service level* terminal *back-loading*.

Tabel 4. 17 Pengaruh Penambahan Satu Terminal *Back-Loading* terhadap *Service Level*

<i>Service Level</i>			
<i>Coverage Days</i>	10 hari	15 hari	20 hari
<i>SL T. Back loading</i>	<b>0.9942</b>	<b>1.0000</b>	<b>1.0000</b>
Produk 1	0.9784	0.9674	0.9924
Produk 2	0.9989	0.9969	0.9998
Produk 3	0.9991	0.9952	0.9996
Produk 4	0.9988	0.9976	0.9996
Produk 5	0.9967	0.9974	0.9998
Produk 6	0.9998	0.9991	0.9996
Produk 7	0.9980	0.9989	0.9998

Lokasi penempatan terminal *back-loading* berpengaruh terhadap *service level* pada produk. Pada Tabel 4.19 didapatkan bahwa *service level* produk telah naik dikarenakan keempat depo yang dipasok oleh terminal *back-loading* adalah depo yang memiliki *service level* rendah yang diakibatkan *round trip day* yang cukup panjang dari terminal transit. Model yang dibangun hanya mengakomodasi penambahan satu terminal *back-loading*. Pemindahan lokasi *back-loading* dapat dilakukan dengan mengubah evaluasi titik-titik kritis pada sub-model pencarian titik kritis pada model simulasi dan mengubah kapasitas tangki timbun pada depo yang terpilih untuk dijadikan *terminal back-loading*.

#### 4.6.6 Pengaruh Perubahan Cluster terhadap Service Level

Pada analisis ini akan dilakukan eksperimen terhadap perubahan cluster terhadap *service level* depo yang dipindahkan. *Cluster* awal merupakan *cluster* yang telah ditetapkan (Gambar 4.4 pada halaman 51) dan diubah menjadi Gambar 4.39.

Depo yang mengalami perubahan *cluster* adalah Depo 13 yang semula berada di *cluster* merah menjadi *cluster* biru. Eksperimen dilakukan dengan mengubah sub-model pencarian titik kritis, yang semula Depo 13 berada pada *cluster* 3 (merah) menjadi *cluster* 4 (biru), sehingga apabila Depo 13 menjadi titik kritis utama, maka evaluasi selanjutnya adalah mencari titik kritis lain yang berada pada *cluster* 4 (biru). Eksperimen dilakukan tanpa mengubah parameter-parameter lainnya seperti *daily of take*, kapasitas tangki timbun, dan ROP. Dengan menggunakan kondisi awal (Skenario 0 pada Lampiran A) didapatkan perubahan *service level* pada Depo 13 pada Tabel 4.20.

Tabel 4. 18 Pengaruh Perubahan *Cluster* terhadap *Service Level*

<i>Service Level</i>	<i>Cluster Awal</i>	<b>Perubahan Cluster</b>
Depo 13	0.9186	0.9018

Halaman ini sengaja dikosongkan.

## BAB 5

### IMPLEMENTASI MODEL DAN ANALISIS

Pada bab implementasi model dan analisis akan dipaparkan dan dijelaskan mengenai analisis hasil implementasi yang dilakukan. Analisis ini meliputi penentuan kombinasi jumlah dan kapasitas tanker, pengaruh penentuan aturan pengiriman, peningkatan *daily of take*, dan perubahan kapasitas tangki timbun.

#### 5.1 Penentuan Kombinasi Jumlah dan Kapasitas Tanker

Hipotesis dari kondisi eksisting dengan adanya *shortage* adalah dengan penambahan jumlah tanker pada sistem distribusi akan meminimalkan frekuensi *stockout days* dan mempertahankan *service level*. Pada Tabel 5.1 diketahui bahwa jumlah *Service Level* (SL) pada produk 1 cukup rendah jika dibandingkan dengan produk lainnya. Oleh karena itu, dihasilkan skenario untuk menambahkan *tanker* yang melayani produk 1.

Tabel 5. 1 *Service Level* Awal

Jumlah Kapal Tanker			Total Call	220.8
			Charter Cost	Rp 179,866,198,200.00
			Operational Cost	Rp 6,270,878,786.00
Tanker Produk 1	Multi-Compartment		Service Level	
±1200 kL	±7000 kL	±4000 kL	Produk 1	0.801
2	3	8	Produk 2	0.951
			Produk 3	0.915
			Produk 4	0.935
			Produk 5	0.932
			Produk 6	0.968
			Produk 7	0.987
			Service Level	<b>0.927</b>

Uji signifikansi dilakukan untuk mengetahui pengaruh jumlah dan kapasitas tanker terhadap *output* secara signifikan. Uji signifikansi dilakukan dengan ANOVA (*One-Way*) pada *output* simulasi, yaitu *service level*. Hasil dari ANOVA pada ukuran performansi pada Tabel 4.8.

Tabel 5. 2 Uji Signifikasi dengan ANOVA pada *Service Level*

ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
<i>Between Groups</i>	0.007555	8	0.000944	15.35255	1.61E-09	2.208518
<i>Within Groups</i>	0.002214	36	6.15E-05			
Total	0.00977	44				

Tabel 5.2 menunjukkan bahwa jumlah serta kapasitas tanker memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap *service level*. Pengaruh yang cukup signifikan tersebut dibuktikan dengan nilai *p-value* yang lebih kecil dari 0.05 (*level of confidence* 95%) dan nilai *F* yang lebih besar dari nilai *F crit*.

Evaluasi skenario yang terbaik akan memberikan kombinasi jumlah kapal terbaik pada masing-masing kapasitas tanker. Diketahui dari sub-bab 4.6.1 bahwa dengan menambah jumlah armada dapat meningkatkan *service level* sehingga terdapat *trade-off* dari kedua kriteria keputusan yaitu biaya dan *service level*. Dengan menetapkan batas penerimaan *service level* sebesar 95% diketahui skenario kapal yang dapat diterima untuk masing-masing kapasitas.

Gambar 4.34 dan Gambar 4.35 pada Sub-bab 4.6.1 menunjukkan bahwa penambahan tanker menaikkan SL, namun kenaikan tersebut bukan merupakan kenaikan signifikan seperti yang sebelumnya telah dijelaskan pada Sub-bab 4.6.1, sehingga dibutuhkan skenario kombinasi penambahan jumlah tanker terhadap setiap jenis dan kapasitas seperti yang terlampir pada Lampiran A. Setelah dilakukannya eksperimen terhadap seluruh skenario jumlah, kapasitas dan jenis tanker, maka diperoleh ukuran performansi yaitu biaya *charter*, biaya operasional dan *service level*. Skenario yang memenuhi kriteria keputusan dengan *service level* di atas 95,00% dan biaya total minimum dipaparkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5. 3 Skenario Penambahan Tanker Terbaik

Penambahan Tanker			Service Level	Elemen Biaya	
Tanker Produk 1	Multi-Compartement			Charter Cost	Operational Cost
±1200 kL	±7000 kL	±4000 kL			
2	0	1	0.964	Rp 207,635,295,300.00	Rp 7,752,475,469.00

Oleh karena itu, dibuatlah skenario penugasan tanker dengan perubahan pengiriman BBM yang sebelumnya menggunakan parameter titik kritis dari *coverage days* menjadi *reorder point* (ROP) yang mempertimbangkan *daily of take* yang bersifat *uncertain* sehingga terdapat *Safety Stock* untuk mengakomodasi ketidakpastian tersebut.

Pada kondisi eksisting, dengan menggunakan parameter titik kritis dengan *coverage days* maka skenario terbaik dengan biaya minimum adalah penambahan dua tanker produk 1 dan satu tanker 3500 DWT (Lampiran G).

## **5.2 Penentuan ROP untuk Aturan Pengiriman BBM**

Berdasarkan hasil simulasi diketahui bahwa *coverage days* yang berada di tangki timbun depo yang sedang kritis memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan *lead-time*, sehingga ketika tanker sedang *available* dan langsung menuju ke depo tujuan, *stock* BBM yang terdapat di tangki timbun depo tujuan sudah mencapai *dead-stock capacity*. Oleh karena itu, dibangunlah skenario penentuan titik kritis berdasarkan ROP dengan mempertimbangkan *safety stock* untuk mengakomodasi ketidakpastian *daily of take*.

Pada Gambar 4.36 yang dipaparkan pada Sub-bab 4.6.2 dapat diketahui bahwa dengan menggunakan Aturan 2 sebagai aturan pengiriman memberikan *service level* yang lebih tinggi namun hasil tersebut belum dibuktikan dengan menggunakan uji statistik, oleh karena itu dilakukan *Analysis of Variance* pengaruh perbedaan aturan pengiriman dan penambahan tanker terhadap *service level*.

Tabel hasil *Analysis of Variance* pada Lampiran D menunjukkan bahwa perbedaan aturan dan penambahan tanker memberikan pengaruh yang signifikan. Pengaruh yang cukup signifikan tersebut dibuktikan dengan nilai *p-value* yang lebih kecil dari 0.05 (*level of confidence* 95%) dan nilai F yang lebih besar dari nilai *F crit*. Tabel 5.4 menunjukkan rekapitulasi perbedaan *service level* pada skenario penambahan tanker produk 1 dan tanker *multi-compartment* terhadap *service level* baik terhadap Aturan 1 dan Aturan 2 (Lampiran G dan Lampiran H).

Tabel 5. 4 Perbandingan *Service Level* pada Perubahan Aturan Pengiriman

Jumlah Kapal Tanker			<i>Service Level</i>	
Tanker Produk 1	<i>Multi-Compartment</i>		Aturan 1	Aturan 2
±1200 kL	±7000 kL	±4000 kL		
2	3	8	0.927	0.933
3	3	8	0.926	0.949
4	3	8	0.918	0.948
5	3	8	0.918	0.949
6	3	8	0.918	0.953
2	3	9	0.939	0.939
2	3	10	0.939	0.958
2	3	11	0.950	0.960
2	3	12	0.943	0.953
2	3	13	0.940	0.967
2	4	8	0.850	0.887
2	5	8	0.859	0.868
3	3	9	0.944	0.977
3	3	10	0.925	0.958
3	3	11	0.955	0.941
3	3	12	0.935	0.958
3	4	9	0.914	0.905
3	4	10	0.913	0.929
3	4	11	0.886	0.938
3	4	12	0.878	0.946
4	3	9	0.964	0.953
4	3	10	0.933	0.951
4	3	11	0.913	0.960
4	3	12	0.947	0.949
5	3	9	0.947	0.958
5	3	10	0.945	0.955
5	3	12	0.950	0.970
5	3	13	0.964	0.973

Berdasarkan Tabel 5.4 diketahui bahwa setiap skenario penambahan tanker akan memberikan *service level* yang berbeda. Namun belum dapat dibuktikan bahwa perbedaan aturan pengiriman dengan menggunakan *coverage days* dan ROP dapat memberikan hasil yang berbeda. Oleh karena itu dilakukan *Student's t-paired hypothesis testing* untuk mengetahui adanya perbedaan.



Hipotesis awal bahwa selisih dari Aturan 1 *coverage days* dikurangi oleh Aturan 2 *reorder point* lebih besar atau sama dengan nol. Yang berarti *service level* Aturan 1 lebih besar dibandingkan dengan Aturan 2. Jika *p-value* lebih dari 0.05 (*confidence level* 95%) maka hipotesis awal tidak ditolak, sebaliknya jika *p-value* kurang dari 0.05 maka hipotesis alternatif (*service level* Aturan 1 tidak lebih besar dibandingkan dengan Aturan 2) tidak ditolak.

$$H_0: d \geq 0,$$

$$H_1: d < 0,$$

dengan, *d* adalah selisih antara Aturan1 dikurangi dengan Aturan 2.

Berdasarkan hasil uji statistik (Lampiran D), diketahui *p-value* sebesar 0.000 atau lebih kecil dari 0.05, dengan kata lain bahwa hipotesis awal ditolak dan hipotesis alternatif tidak ditolak, yaitu Aturan 2 (aturan pengiriman dengan menggunakan ROP) memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan Aturan 1.

Untuk menentukan skenario terbaik, pertimbangan pertama adalah *service level* dan kemudian biaya. Dengan menetapkan batas penerimaan *service level* sebesar 95% didapatkan skenario terbaik pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6.

Tabel 5. 5 Skenario Penambahan Tanker Terbaik Aturan 1

Penambahan Tanker			Service Level	Elemen Biaya	
Tanker Produk 1	Multi-Compartement			Charter Cost	Operational Cost
±1200 kL	±7000 kL	±4000 kL			
2	0	1	0.964	Rp 207,635,295,300.00	Rp 7,752,475,469.00

Tabel 5. 6 Skenario Penambahan Tanker Terbaik Aturan 2

Penambahan Tanker			Service Level	Elemen Biaya	
Tanker Produk 1	Multi-Compartement			Charter Cost	Operational Cost
±1200 kL	±7000 kL	±4000 kL			
1	0	1	0.977	Rp 202,280,916,600.00	Rp 7,440,187,801.00

Tabel 5.6 dan Tabel 5.7 menunjukkan bahwa Aturan 2 memberikan hasil yang lebih baik dari *service level* dan biaya yang lebih rendah dibandingkan dengan Aturan 1.

### 5.3 Perubahan Keputusan Akibat Peningkatan *Daily of Take*

*Daily of Take* atau thruptut harian pada masing-masing *demand port* menjadi sangat mempengaruhi keputusan pada penentuan kombinasi jumlah dan kapasitas tanker yang akan digunakan. Oleh karena itu diperlukan perhitungan penentuan kombinasi jumlah dan kapasitas tanker apabila terjadi peningkatan *daily of take* pada sistem distribusi.

Perubahan paramater pada sistem akan mempengaruhi variabel keputusan, dengan variabel keputusan yang sama maka variabel respon akan terpengaruh oleh perubahan parameter. Dengan mengubah *daily of take* dan ROP, tanpa mengubah parameter lainnya, dilakukan simulasi kembali untuk menemukan skenario terbaik. *Daily of take* akan diubah menjadi 125%, persentase tersebut mengacu kepada kenaikan konsumsi BBM Nasional. Hasil *running* simulasi dipaparkan pada Lampiran I dan Lampiran J.

Tabel 5. 7 Skenario Penambahan Tanker Terbaik Aturan 1 Perubahan DOT

Penambahan Tanker			Service Level	Elemen Biaya	
Tanker Produk 1	Multi-Compartement			Charter Cost	Operational Cost
±1200 kL	±7000 kL	±4000 kL			
3	0	1	0.959	Rp 212,989,674,000.00	Rp 8,115,126,273.00

Tabel 5. 8 Skenario Penambahan Tanker Terbaik Aturan 2 Perubahan DOT

Penambahan Tanker			Service Level	Elemen Biaya	
Tanker Produk 1	Multi-Compartement			Charter Cost	Operational Cost
±1200 kL	±7000 kL	±4000 kL			
1	1	1	0.952	Rp 213,172,491,000.00	Rp 7,501,914,198.00

Dengan adanya kenaikan *daily of take*, didapatkan bahwa untuk mempertahankan *service level* maka dibutuhkan jumlah tanker yang lebih banyak. Hal tersebut menambah biaya sewa dan biaya operasional yang merupakan elemen dari biaya distribusi. Skenario terbaik Aturan 1 dengan adanya peningkatan *demand* adalah menambah tiga tanker produk 1 dan satu tanker 3500 DWT. Sedangkan untuk skenario terbaik Aturan 2 dengan adanya peningkatan

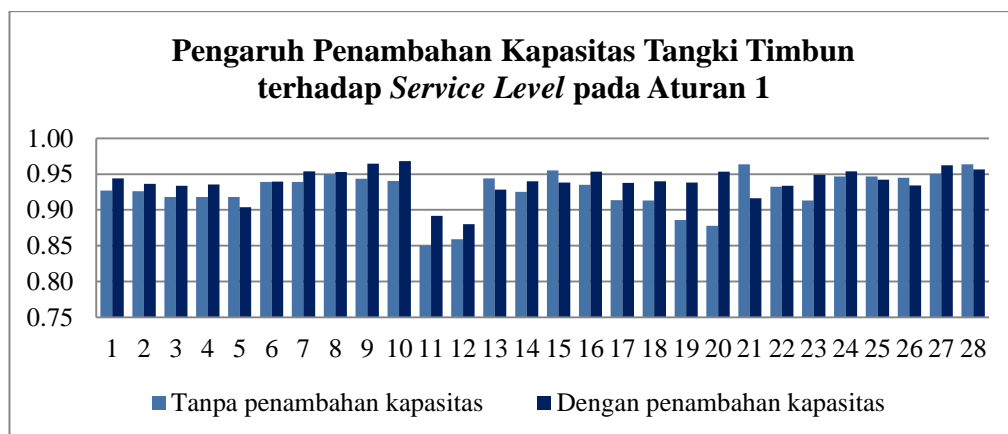
*demand* adalah dengan menambah satu tanker produk 1, satu tanker 6500 DWT dan satu tanker 3500 DWT.

#### 5.4 Perubahan Keputusan Akibat Peningkatan Kapasitas Tangki Timbun

Pada kondisi eksisting terdapat beberapa tangki timbun yang masih mengalami kejadian krisis sehingga menurunkan *service level*. Hal tersebut dikarenakan *coverage days* dari kapasitas tangki timbun lebih kecil dari maksimum total waktu perjalanan pada saat tanker melakukan *routing*, yaitu 20 hari. Perubahan paramater pada sistem akan mempengaruhi variabel keputusan, dengan variabel keputusan yang sama maka variabel respon akan terpengaruh oleh perubahan parameter. Dengan mengubah kapasitas tangki timbun, tanpa mengubah parameter lainnya, dilakukan simulasi kembali untuk menemukan skenario terbaik. Perubahan kapasitas tangki timbun dipaparkan pada Lampiran F. Hasil *running* simulasi dipaparkan pada Lampiran K dan Lampiran L.

Tabel 5. 9 Skenario Penambahan Tanker Terbaik Aturan 1 Perubahan Kapasitas Tangki Timbun

Penambahan Tanker			Service Level	Elemen Biaya	
Tanker Produk 1	Multi-Compartement			Charter Cost	Operational Cost
±1200 kL	±7000 kL	±4000 kL			
0	0	2	0.954	Rp 213,986,877,600.00	Rp 7,164,839,987.00

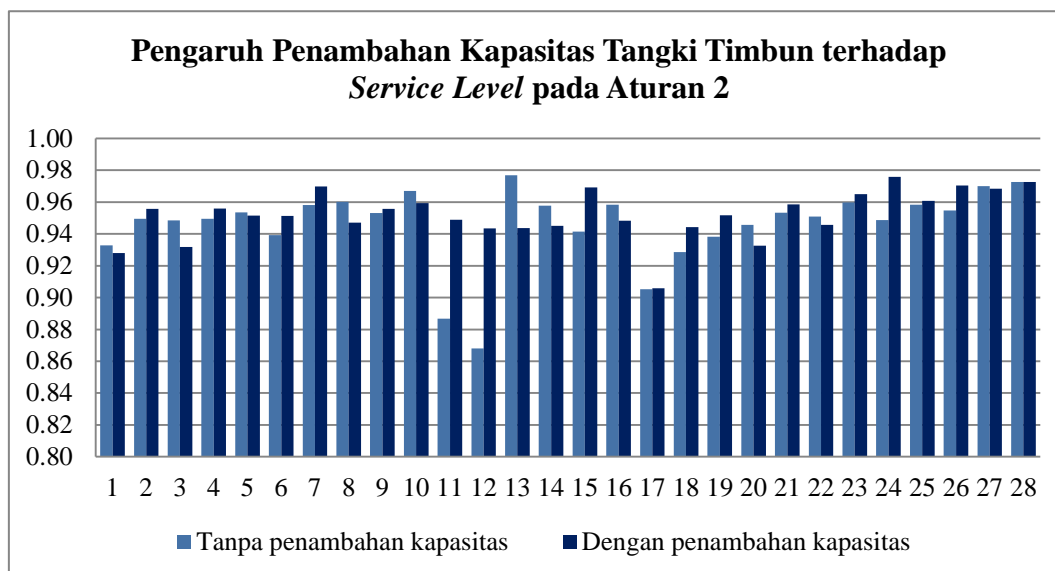


Gambar 5. 1 Pengaruh Perubahan Kapasitas Tangki Timbun terhadap *Service Level* pada Aturan 1

Dengan adanya perubahan kapasitas tangki timbun, dihasilkan skenario pada Aturan 1 yang lebih baik (Tabel 5.9) dibandingkan dengan kondisi sebelumnya pada Tabel 5.5.

Tabel 5. 10 Skenario Penambahan Tanker Terbaik Aturan 2 Perubahan Kapasitas Tangki Timbun

Penambahan Tanker			Service Level	Elemen Biaya	
Tanker Produk 1	Multi-Compartment			Charter Cost	Operational Cost
±1200 kL	±7000 kL	±4000 kL			
0	0	1	0.951	Rp 196,926,537,900.00	Rp 6,733,557,809.00



Gambar 5. 2 Pengaruh Perubahan Kapasitas Tangki Timbun terhadap Service Level pada Aturan 2

Sedangkan pada Aturan 2, dengan adanya perubahan kapasitas tangki timbun, dihasilkan skenario pada Aturan 2 yang lebih baik pula (Tabel 5.10) dibandingkan dengan kondisi sebelumnya pada Tabel 5.6 dari sisi biaya sewa dan biaya operasional.

## **BAB 6**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab Kesimpulan dan Saran ini akan dipaparkan mengenai kesimpulan dan saran dari hasil pengerjaan penelitian ini serta saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya.

#### **6.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka kesimpulan yang dapat ditarik adalah:

1. Model konseptual dan model simulasi yang telah dibangun dapat digunakan sebagai metode untuk penentuan kombinasi jumlah dan kapasitas tanker. Model simulasi yang dibangun dapat mengakomodasi perubahan terhadap jumlah dan kapasitas tanker, *daily of take*, kapasitas tangki timbun, perubahan aturan pengiriman, dan perubahan *cluster*.
2. Model telah diuji coba dengan rekomendasi skenario terbaik yang dapat menghasilkan *service level* di atas 94.00%.. Skenario tersebut menghasilkan *service level* sebesar 97.70% dengan biaya sewa sebesar Rp 202,280,916,600.00 dan biaya operasional sebesar Rp 7,440,187,801.00.
3. Pemilihan Aturan 2 yaitu dengan menggunakan ROP sebagai aturan pengiriman memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan Aturan 1 yaitu dengan menggunakan *Coverage Days*.
4. Peningkatan *demand* sebesar 25% dari kondisi awal memberikan perubahan terhadap variabel keputusan awal dan meningkatkan total biaya. Dengan adanya skenario terbaik berubah. Skenario tersebut menghasilkan *service level* sebesar 95.90% dengan biaya sewa naik hingga Rp 212,989,674,600.00 dan biaya operasional naik hingga Rp 8,115,126,273.00.
5. Perubahan kapasitas tangki dari kondisi awal memberikan perubahan terhadap variabel keputusan awal dan menurunkan total biaya. Skenario

tersebut menghasilkan *service level* sebesar 95.10% dengan biaya sewa turun hingga Rp 196,926,537,900.00 dan biaya operasional turun hingga Rp 6,773,557,809.00.

## **6.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Kajian keuangan atau analisis finansial perlu dilakukan untuk mendapatkan keputusan terbaik.
2. Pengembangan model simulasi terhadap *transshipment* pada terminal *back-loading* perlu dilakukan dengan pertimbangan bahwa depo dapat dipasok baik dari terminal transit dan terminal *back-loading*.
3. Pengembangan model simulasi terhadap perubahan *cluster* untuk mengetahui *cluster* yang optimum.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agra, A., Christiansen, M., Delgado, A. & Hvatum, L. M., 2015. A maritime inventory routing problem with stochastic sailing and port time. *Computer and Operation Research*, pp. 18-30.
- Anggoro, R. S., 2015. *Penentuan Jumlah Kapal Multi-Undedicated-Compartment dalam Penjadwalan Distribusi Bahan Bakar Minyak dengan Metode Simulasi pada PT Pertamina (Persero) MOR V Surabaya*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Arnold, T. J., Chapman, S. N. & Clive, L. M., 2008. *Introduction to Materials Management*. 6th ed. New Jersey: Pearson Education.
- Arwanto, A., 2007. *Penentuan Jumlah dan Tipe Kapal Distribusi Bahan Bakar Minyak dengan Metode Simulasi*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- BP Statistical Review of World Energy, 2016. *Konsumsi Minyak di Indonesia*.  
[Online]  
Available at: <http://www.indonesia-investments.com/id/bisnis/komoditas/minyak-bumi/item267?>  
[Accessed 21 Oktober 2016].
- BPH MIGAS, 2017. *Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi*. [Online]  
Available at: <http://www.bphmigas.go.id/konsumsi-bbm-nasional>  
[Accessed 26 August 2017].
- Chopra, S. & Meindl, P., 2004. *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation*. 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall.
- Chopra, S. & Meindl, P., 2007. *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. 3rd ed. Michigan: Pearson Prentice Hall.
- Christiansen, M., Fagerholt, K., Nygreen, B. & Ronen, D., 2007. *Handbook in Operation Research: Maritime Transportation*. s.l.:Elsevier.
- Christiansen, M. & Nygreen, B., n.d. Robust Inventory Ship Routing By Column Generation. In: *Column generation*. New York: Springer, pp. 197-224.

- Cooke, J. & Young, T., 2014. *Voyage Charters*. 4th ed. New York: Informa Law from Routledge.
- Daellenbach, H. G. & McNickle, D. C., 2005. *Management Science: Decision Making Through System Thinking*. 1st ed. New York: Palgrave Macmillan.
- Ghiani, G., G. Laporte & R. Musmanno, 2004. *Introduction to Logistic System Planning and Control*. California: John Wiley & Sons.
- Harrell, C., Ghosh, B. K. & Bowden, R. O., 2000. *Simulation Using ProModel*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill.
- Hwang, S. J. & Al-Khayyal, F., 2007. Inventory Constrained Maritime Routing and Scheduling for Multi-Commodity Liquid Bulk, Part I : Applications and Model. *European Journal of Operational Research*, pp. 106-130.
- IACS, 2007. *Double Hull Oil Tankers: Guideline for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures*. London: International Association of Classification Societies Ltd.
- Kelton, D. W., Sadowski, R. & Sturrock, D. T., 2007. *Simulation with Arena*. 4th ed. New York: McGraw-Hill.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Manusia, 2016. *Penetapan Harga Bahan Bakar Minyak Berlaku 1 Oktober 2016*. [Online]  
Available at: <http://esdm.go.id>  
[Accessed 12 Oktober 2016].
- Mark, H., 2001. *Tanker Operations: A Handbook for The Person-in-Charge (PIC)*. Cambridge: Cornell Maritime Press.
- Nugroho, J., 2011. *Perancangan Model Inventory Ship Routing Problem (ISRP) dengan Memperhatikan Kompatibilitas Produk dan Pencucian Kompartemen Berbasis Simulasi Diskrit*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nurminarsih, S., 2012. *Pengembangan Model dan Algoritma Tabu Search untuk Penjadwalan Kapal Tanker dengan Memperhatikan Kompatibilitas Muatan*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- O'Brien, J. A. & Marakas, G. M., 2008. *Introduction to Information System*. 14 ed. s.l.:McGraw-Hill.



- Pelindo, 2014. *Tarif Pelayanan Kapal PT Pelabuhan Indonesia III Cabang Banjarmasin*. [Online]  
Available at:  
[http://www.banjarmasinport.co.id/main/index.php?pg=tarif\\_pelayanan\\_kapal&PHPSESSID=779dcad84734ec51e2f4b5abc0936690](http://www.banjarmasinport.co.id/main/index.php?pg=tarif_pelayanan_kapal&PHPSESSID=779dcad84734ec51e2f4b5abc0936690)  
[Accessed 5 November 2016].
- PERTAMINA, 2015. *Annual Report 2015*, Jakarta: PT Pertamina (Persero).
- PERTAMINA, 2016. *Penanganan Kapal Impor dan Kapal Domestik (Ex. Kilang)*. Yogyakarta(Central Java): PT Pertamina (Persero).
- Pujawan, I. N. & Mahendrawati, E., 2010. *Supply Chain Management*. 2nd ed. Surabaya: Guna Widya.
- Rani, F. K., Rusdiansyah, A., Wiratno, S. E. & Siswanto, N., 2010. *Mixed Integer Linear Programming Model for Multi-Product Inventory Ship Routing Problem Considering Product Loading Compatibility Constraint*. Melaka, Asia Pasific Industrial Engineering and Management System Conference.
- Salim, A., 2006. *Manajemen Transportasi*. Jakarta: Grafindo.
- Sherali, H. D. & Al-Yakoob, S. M., 2006. Determining an Optimal Fleet Mix and Schedules: Part I - Single Source and Destination. In: A. R. Ravindran & J. K. Karlof, eds. *Integer Programming: Theory and Practice*. Taylor & Francis CRC Press: Florida, pp. 137-166.
- Siswanto, N., Essam, D. & Sarker, R., 2010. Solving the ship inventory routing and scheduling problem with undedicated compartment. *Computers & Industrial Engineering*, Issue 61, pp. 289-299.
- Stopford, M., 2009. *Maritime Economics*. 3rd ed. New York: Routledge.
- Suyono, R. P., 2005. *Shipping: Pengangkutan Intermodal Ekspor Impor Melalui Laut*. 4th ed. Jakarta: PPM.
- Utama, G. S., 2009. *Evaluasi dan Optimasi Rute Distribusi BBM Moda Kapal Tanker di PT PERTAMINA (Persero)*, Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Waters, D., 2003. *Inventory Control and Management*. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

- Wiryawan, J., 2016. *Satu Harga BBM di Papua Jadi Beban Keuangan*, Jakarta: British Broadcasting Corporation Indonesia.
- Yuceer, U., 1997. A multi product loading problem: A model and solution method. *European Journal of Operational Research*.

## LAMPIRAN

### Lampiran A : Skenario Kapal

	Jumlah Tanker		
	Tanker Produk 1	Multi-Compartement	
	±1000 kL	±7000 kL	±4000 kL
Skenario 0	2	3	8
	Penambahan Jumlah Tanker		
	Tanker Produk 1	Multi-Compartement	
	±1000 kL	±7000 kL	±4000 kL
Skenario 1	1	0	0
Skenario 2	2	0	0
Skenario 3	3	0	0
Skenario 4	4	0	0
Skenario 5	0	0	1
Skenario 6	0	0	2
Skenario 7	0	0	3
Skenario 8	0	0	4
Skenario 9	0	0	5
Skenario 10	0	1	0
Skenario 11	0	2	0
Skenario 12	1	0	1
Skenario 13	1	0	2
Skenario 14	1	0	3
Skenario 15	1	0	4
Skenario 16	1	1	1
Skenario 17	1	1	2
Skenario 18	1	1	3
Skenario 19	1	1	4
Skenario 20	2	0	1
Skenario 21	2	0	2
Skenario 22	2	0	3
Skenario 23	2	0	4
Skenario 24	3	0	1
Skenario 25	3	0	2
Skenario 26	3	0	3
Skenario 27	3	0	4


## Lampiran B : Hasil Uji Signifikansi

Anova: Two-Factor Without Replication

SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance
Sk1	2	1.837814	0.918907	5.17E-06
SK2	2	1.846943	0.923471	5.59E-07
Sk3	2	1.838386	0.919193	7.74E-05
Sk4	2	1.852658	0.926329	3.97E-05
Sk5	2	1.859636	0.929818	7.69E-06
Sk6	2	1.869047	0.934523	0.000214
Sk7	2	1.892675	0.946337	4.84E-05
Sk8	2	1.895003	0.947501	1E-05
Sk9	2	1.802486	0.901243	5.89E-05
Eksisting	9	8.316746	0.924083	0.000219
Skenario	9	8.3779	0.930878	0.000228

### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	0.003319	8	0.000415	13.04908	0.000754	3.438101
Columns	0.000208	1	0.000208	6.534943	0.033838	5.317655
Error	0.000254	8	3.18E-05			
Total	0.003781	17				



Session

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
C1	Fixed	9	Sk1; SK2; Sk3; Sk4; Sk5; Sk6; Sk7; Sk8; Sk9
C2	Fixed	2	Eksisting; Skenario

|

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C1	8	0,003319	0,000415	13,05	0,001
C2	1	0,000208	0,000208	6,53	0,034
Error	8	0,000254	0,000032		
Total	17	0,003781			

Model Summary

	S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
	0,0056385	93,27%	85,71%	65,95%

<

3	Sk3	Eksisting	0,9130									
4	Sk4	Eksisting	0,9219									
5	Sk5	Eksisting	0,9318									
6	Sk6	Eksisting	0,9242									
7	Sk7	Eksisting	0,9414									
8	Sk8	Eksisting	0,9453									
9	Sk9	Eksisting	0,8958									

### Lampiran C : Validasi, *Student's t Hypothesis Testing*

One-Sample T: Jumlah Call

Test of mu = 216 vs not = 216

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Jumlah Call	5	220.80	6.02	2.69	(213.33, 228.27)	1.78	0.149

One-Sample T: Jumlah  
Premium

Test of mu = 145670 vs not = 145670

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Simulasi_1	5	151863	5601	2505	(144909, 158818)	2.47	0.069

One-Sample T: Jumlah

Test of mu = 61970 vs not = 61970

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
avtur	5	60670	1075	481	(59335, 62004)	-2.71	0.054

One-Sample T: Jumlah

Test of mu = 130850 vs not = 130850

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Solar	5	127371	4978	2226	(121190, 133552)	-1.56	0.193

One-Sample T: Jumlah Pengiriman

Test of mu = 686123 vs not = 686123

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Jumlah Pengiriman	5	694334	11759	5259	(679733, 708935)	1.56	0.193

## Lampiran D : ANOVA dan *Student's T Hypothesis Testing Result* untuk Aturan1 dan Aturan2

Uji Signifikansi Perbedaan Aturan dan Penambahan Tanker terhadap *Service Level*

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	0.033222	27	0.00123	6.913542	1.60071E-06	1.904823
Columns	0.005346	1	0.005346	30.03894	8.39404E-06	4.210008
Error	0.004805	27	0.000178			
Total	0.043374	55				

Paired T for Aturan 1 - Aturan 2

	N	Mean	StDev	SE Mean
Aturan 1	28	0,92639	0,02869	0,00542
Aturan 2	28	0,94593	0,02419	0,00457
Difference	28	-0,01954	0,01887	0,00357

95% upper bound for mean difference: -0,01347

T-Test of mean difference = 0 (vs < 0): T-Value = -5,48 P-Value = 0,000

Paired T for Aturan 1 - Aturan 2				
	N	Mean	StDev	SE Mean
Aturan 1	28	0,92639	0,02869	0,00542
Aturan 2	28	0,94593	0,02419	0,00457
Difference	28	-0,01954	0,01887	0,00357
95% upper bound for mean difference: -0,01347				
T-Test of mean difference = 0 (vs < 0): T-Value = -5,48 P-Value = 0,000				

### Lampiran G: *Output* Hasil Simulasi Eksisting

Skenario	Tanker Produk 1	Multi-Compartment		Service Level							Service Level
		±7000 kL	±4000 kL	Produk 1	Produk 4	Produk 5	Produk 6	Produk 7	Produk 2	Produk 3	
Skenario 0	2	3	8	0.801	0.935	0.932	0.968	0.987	0.951	0.915	0.927
Skenario 1	3	3	8	0.810	0.928	0.935	0.988	0.987	0.938	0.897	0.926
Skenario 2	4	3	8	0.813	0.909	0.916	0.969	0.981	0.940	0.898	0.918
Skenario 3	5	3	8	0.813	0.909	0.916	0.969	0.981	0.940	0.898	0.918
Skenario 4	6	3	8	0.813	0.909	0.916	0.969	0.981	0.940	0.898	0.918
Skenario 5	2	3	9	0.803	0.940	0.955	0.993	0.990	0.965	0.927	0.939
Skenario 6	2	3	10	0.800	0.942	0.960	0.983	0.987	0.968	0.935	0.939
Skenario 7	2	3	11	0.802	0.964	0.969	0.995	0.998	0.970	0.952	0.950
Skenario 19	3	4	12	0.811	0.868	0.846	0.950	0.976	0.869	0.824	0.878
Skenario 20	4	3	9	0.811	0.981	0.988	0.998	0.999	0.993	0.975	0.964
Skenario 21	4	3	10	0.809	0.949	0.943	0.976	0.974	0.951	0.926	0.933
Skenario 22	4	3	11	0.808	0.912	0.908	0.969	0.968	0.926	0.900	0.913
Skenario 23	4	3	12	0.816	0.960	0.975	0.991	0.982	0.972	0.931	0.947
Skenario 24	5	3	9	0.897	0.950	0.949	0.991	0.991	0.942	0.908	0.947
Skenario 25	5	3	10	0.897	0.923	0.936	0.990	0.989	0.957	0.921	0.945
Skenario 26	5	3	11	0.898	0.945	0.946	0.990	0.993	0.962	0.919	0.950
Skenario 27	5	3	12	0.898	0.966	0.964	0.992	0.995	0.977	0.953	0.964

## Lampiran H: *Output* Hasil Simulasi Aturan 2

Skenario	Tanker Produk 1	Multi-Compartment		Service Level							Service Level
		6500 DWT	3500 DWT	Produk 1	Produk 4	Produk 5	Produk 6	Produk 7	Produk 2	Produk 3	
Skenario 0	2	3	8	0.894	0.968	0.987	0.931	0.923	0.899	0.928	0.933
Skenario 1	3	3	8	0.899	0.975	0.988	0.955	0.949	0.932	0.948	0.949
Skenario 2	4	3	8	0.900	0.983	0.994	0.958	0.930	0.927	0.947	0.948
Skenario 3	5	3	8	0.899	0.971	0.995	0.961	0.941	0.929	0.950	0.949
Skenario 4	6	3	8	0.900	0.979	0.995	0.968	0.942	0.938	0.952	0.953
Skenario 5	2	3	9	0.895	0.971	0.976	0.943	0.922	0.921	0.947	0.939
Skenario 6	2	3	10	0.893	0.982	0.997	0.969	0.961	0.947	0.958	0.958
Skenario 7	2	3	11	0.896	0.993	0.995	0.995	0.949	0.951	0.942	0.960
Skenario 18	3	4	11	0.899	0.913	0.942	0.973	0.962	0.953	0.926	0.938
Skenario 19	3	4	12	0.900	0.934	0.950	0.979	0.976	0.958	0.922	0.946
Skenario 20	4	3	9	0.898	0.954	0.948	0.993	0.989	0.966	0.925	0.953
Skenario 21	4	3	10	0.899	0.941	0.952	0.993	0.995	0.955	0.922	0.951
Skenario 22	4	3	11	0.898	0.952	0.968	0.995	0.997	0.971	0.937	0.960
Skenario 23	4	3	12	0.899	0.947	0.954	0.972	0.989	0.960	0.920	0.949
Skenario 24	5	3	9	0.900	0.951	0.954	0.990	0.991	0.977	0.945	0.958
Skenario 25	5	3	10	0.899	0.953	0.961	0.995	0.986	0.967	0.921	0.955
Skenario 26	5	3	11	0.899	0.974	0.984	0.997	0.997	0.980	0.959	0.970
Skenario 27	5	3	12	0.899	0.979	0.985	0.990	0.997	0.988	0.970	0.973



### Lampiran I : *Output* Hasil Simulasi Penambahan *Demand* Aturan 1

Skenario	Tanker Produk 1	Multi-Compartment		Service Level							Service Level
		6500 DWT	3500 DWT	Produk 1	Produk 4	Produk 5	Produk 6	Produk 7	Produk 2	Produk 3	
Skenario 0	2	3	8	0.855	0.905	0.904	0.973	0.987	0.917	0.890	0.919
Skenario 1	3	3	8	0.880	0.902	0.933	0.980	0.989	0.937	0.893	0.931
Skenario 2	4	3	8	0.883	0.918	0.931	0.982	0.976	0.933	0.892	0.931
Skenario 3	5	3	8	0.901	0.921	0.940	0.987	0.973	0.938	0.894	0.936
Skenario 4	6	3	8	0.902	0.919	0.945	0.982	0.987	0.921	0.921	0.940
Skenario 5	2	3	9	0.862	0.918	0.939	0.986	0.994	0.940	0.915	0.936
Skenario 6	2	3	10	0.850	0.916	0.941	0.986	0.990	0.938	0.922	0.935
Skenario 7	2	3	11	0.867	0.943	0.957	0.982	0.989	0.971	0.937	0.949
Skenario 8	2	3	12	0.860	0.937	0.951	0.988	0.987	0.956	0.928	0.944
Skenario 18	3	4	11	0.884	0.894	0.932	0.952	0.959	0.928	0.900	0.921
Skenario 19	3	4	12	0.882	0.878	0.913	0.969	0.987	0.946	0.879	0.922
Skenario 20	4	3	9	0.882	0.855	0.923	0.966	0.965	0.954	0.903	0.921
Skenario 21	4	3	10	0.885	0.913	0.921	0.976	0.974	0.946	0.901	0.931
Skenario 22	4	3	11	0.885	0.922	0.945	0.977	0.994	0.949	0.915	0.941
Skenario 23	4	3	12	0.885	0.918	0.948	0.973	0.988	0.948	0.900	0.937
Skenario 24	5	3	9	0.887	0.965	0.956	0.993	0.992	0.973	0.949	0.959
Skenario 25	5	3	10	0.886	0.935	0.959	0.987	0.996	0.971	0.930	0.952
Skenario 26	5	3	11	0.885	0.965	0.971	0.990	0.997	0.972	0.952	0.962
Skenario 27	5	3	12	0.884	0.963	0.973	0.993	0.993	0.976	0.949	0.962

**Lampiran J : *Output* Hasil Simulasi Penambahan Demand Aturan 2**

Skenario	Tanker Produk 1	Multi-Compartment		Service Level							Service Level
		6500 DWT	3500 DWT	Produk 1	Produk 4	Produk 5	Produk 6	Produk 7	Produk 2	Produk 3	
Skenario 0	2	3	8	0.860	0.936	0.937	0.982	0.979	0.942	0.923	0.937
Skenario 1	3	3	8	0.881	0.948	0.951	0.973	0.986	0.954	0.931	0.946
Skenario 2	4	3	8	0.896	0.955	0.951	0.982	0.981	0.957	0.938	0.951
Skenario 3	5	3	8	0.896	0.959	0.955	0.979	0.984	0.956	0.934	0.952
Skenario 4	6	3	8	0.895	0.949	0.953	0.976	0.984	0.955	0.934	0.949
Skenario 5	2	3	9	0.849	0.930	0.941	0.987	0.982	0.950	0.901	0.934
Skenario 6	2	3	10	0.851	0.927	0.938	0.989	0.985	0.945	0.907	0.935
Skenario 7	2	3	11	0.867	0.947	0.947	0.984	0.989	0.959	0.925	0.945
Skenario 19	3	4	12	0.893	0.896	0.906	0.973	0.981	0.932	0.903	0.926
Skenario 20	4	3	9	0.894	0.967	0.968	0.993	0.984	0.968	0.947	0.960
Skenario 21	4	3	10	0.899	0.975	0.979	0.989	0.994	0.969	0.943	0.964
Skenario 22	4	3	11	0.897	0.981	0.982	0.992	0.995	0.985	0.969	0.972
Skenario 23	4	3	12	0.895	0.983	0.981	0.993	0.997	0.984	0.971	0.972
Skenario 24	5	3	9	0.896	0.946	0.953	0.977	0.996	0.957	0.921	0.949
Skenario 25	5	3	10	0.897	0.954	0.960	0.982	0.998	0.954	0.936	0.954
Skenario 26	5	3	11	0.897	0.958	0.957	0.986	0.996	0.960	0.942	0.957
Skenario 27	5	3	12	0.898	0.936	0.955	0.978	0.987	0.968	0.934	0.951

**Lampiran K: *Output* Hasil Simulasi Perubahan Tangki Timbun Aturan 1**

Skenario	Tanker Produk 1	Multi-Compartment		Service Level							Service Level
		6500 DWT	3500 DWT	Produk 1	Produk 4	Produk 5	Produk 6	Produk 7	Produk 2	Produk 3	
Skenario 0	2	3	8	0.881	0.934	0.956	0.974	0.981	0.955	0.926	0.944
Skenario 1	3	3	8	0.893	0.921	0.930	0.982	0.978	0.950	0.902	0.937
Skenario 2	4	3	8	0.897	0.928	0.926	0.952	0.968	0.951	0.914	0.934
Skenario 3	5	3	8	0.906	0.922	0.937	0.947	0.978	0.952	0.906	0.936
Skenario 4	6	3	8	0.894	0.887	0.887	0.948	0.936	0.906	0.867	0.904
Skenario 5	2	3	9	0.887	0.916	0.934	0.989	0.994	0.950	0.908	0.940
Skenario 6	2	3	10	0.889	0.945	0.961	0.988	0.995	0.970	0.929	0.954
Skenario 7	2	3	11	0.880	0.948	0.957	0.991	0.993	0.970	0.930	0.953
Skenario 19	3	4	12	0.885	0.949	0.961	0.987	0.992	0.956	0.944	0.953
Skenario 20	4	3	9	0.892	0.890	0.907	0.956	0.984	0.912	0.873	0.916
Skenario 21	4	3	10	0.890	0.927	0.924	0.976	0.989	0.928	0.901	0.934
Skenario 22	4	3	11	0.894	0.930	0.953	0.989	0.990	0.959	0.928	0.949
Skenario 23	4	3	12	0.892	0.942	0.961	0.988	0.992	0.958	0.943	0.954
Skenario 24	5	3	9	0.895	0.930	0.940	0.979	0.990	0.947	0.914	0.942
Skenario 25	5	3	10	0.890	0.927	0.925	0.977	0.989	0.928	0.903	0.934
Skenario 26	5	3	11	0.894	0.954	0.964	0.997	0.999	0.974	0.955	0.962
Skenario 27	5	3	12	0.893	0.947	0.969	0.989	0.992	0.960	0.944	0.956

**Lampiran L: *Output* Hasil Simulasi Perubahan Tangki Timbun Aturan 2**

Skenario	Tanker Produk 1	Multi-Compartment		Service Level							Service Level
		6500 DWT	3500 DWT	Produk 1	Produk 4	Produk 5	Produk 6	Produk 7	Produk 2	Produk 3	
Skenario 0	2	3	8	0.894	0.908	0.935	0.963	0.964	0.940	0.891	0.928
Skenario 1	3	3	8	0.899	0.953	0.965	0.985	0.979	0.964	0.945	0.956
Skenario 2	4	3	8	0.899	0.922	0.927	0.964	0.961	0.945	0.904	0.932
Skenario 3	5	3	8	0.899	0.946	0.972	0.984	0.982	0.968	0.940	0.956
Skenario 4	6	3	8	0.903	0.936	0.947	0.987	0.979	0.958	0.951	0.952
Skenario 5	2	3	9	0.896	0.954	0.968	0.974	0.976	0.956	0.935	0.951
Skenario 6	2	3	10	0.895	0.967	0.982	0.997	0.997	0.981	0.970	0.970
Skenario 7	2	3	11	0.893	0.950	0.948	0.979	0.980	0.951	0.928	0.947
Skenario 18	3	4	11	0.898	0.934	0.960	0.987	0.992	0.962	0.929	0.952
Skenario 19	3	4	12	0.898	0.909	0.927	0.980	0.976	0.943	0.895	0.933
Skenario 20	4	3	9	0.900	0.955	0.965	0.988	0.993	0.960	0.949	0.959
Skenario 21	4	3	10	0.899	0.931	0.939	0.990	0.988	0.945	0.928	0.946
Skenario 22	4	3	11	0.899	0.970	0.973	0.987	1.000	0.972	0.953	0.965
Skenario 23	4	3	12	0.899	0.981	0.986	0.997	1.000	0.989	0.979	0.976
Skenario 24	5	3	9	0.900	0.921	0.969	0.997	0.991	0.977	0.970	0.961
Skenario 25	5	3	10	0.900	0.976	0.974	0.996	0.993	0.985	0.968	0.970
Skenario 26	5	3	12	0.900	0.967	0.973	0.998	0.999	0.981	0.960	0.968
Skenario 27	5	3	13	0.900	0.978	0.981	0.996	0.998	0.985	0.970	0.973

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Andi Farah Desita, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Lahir di Ujung Pandang, 8 Desember 1994. Penulis memulai pendidikannya pada tahun 1999-2001 di TK Yaa Bunayyaa Surabaya. Pendidikan selanjutnya pada tahun 2001-2007 di SD Integral Luqman Al-Hakim Surabaya, pada tahun 2007-2010 di SMP Negeri 6 Surabaya, dan pada tahun 2010-2013 di SMA Negeri 5 Surabaya.

Pada masa perkuliahan, penulis terlibat dalam beberapa kegiatan organisasi dan kepanitiaan. Penulis tercatat menjadi asisten Laboratorium Pemodelan Kuantitatif dan Analisis Kebijakan Industri (Quantitative Modelling and Industrial Policy Analysis Laboratory) dari tahun 2015 hingga 2017. Penulis pernah melaksanakan Kerja Praktik di PT Pelindo Marine Service, Surabaya (divisi *Maintenance Operation*) pada bulan Juni-Juli 2017 dan Magang Industri di PT Rekadaya Eletrika, Jakarta Pusat (divisi *Supply Chain Management*) pada bulan Februari-Agustus 2017. Untuk informasi lebih lanjut mengenai penelitian ini, penulis dapat dihubungi melalui surel [farahdesita99@gmail.com](mailto:farahdesita99@gmail.com).